



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

TECHNICKÁ ZPRÁVA PILOTNÍHO PROJEKTU

Název projektu:

**Adaptace a chov okounka pstruhového v
podmínkách intenzivní akvakultury
využívající RAS.**

Registrační číslo pilotního projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000793



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Příjemce:

Obchodní firma nebo název: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa: Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice

IČ: 60076658

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000793

Název projektu: Adaptace a chov okounka pstruhového v podmínkách intenzivní akvakultury využívající RAS.

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

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

Partner projektu:

Obchodní firma nebo název: NDCon s.r.o.

Adresa: Zlatnická 10/1582, 110 00 Praha 1

IČ: 64939511

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna subjekt zastupovat:

Ing. Robert Michek

Zpracovatel technické zprávy projektu:

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

Adresa: Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: Vodňany, 26. 2.2021

Jména a příjmení osob, které zpracovaly technickou zprávu:

doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.
MSc. Oleksandr Malinovskyi, Ph.D.

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna zpracovatele technické zprávy zastupovat:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Souhlas s publikací technické zprávy:

Souhlasím se zveřejněním této technické zprávy pilotního projektu v rámci opatření 2.1. v rámci Operačního programu Rybářství 2014-2020 na internetových stránkách Ministerstva zemědělství a s využíváním výsledků této technické zprávy všemi subjekty z odvětví rybářství.

1. Příjemce dotace (veřejnoprávní subjekt):

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

2. Partnera projektu (podnik akvakultury spolupracující na projektu s příjemcem):

Ing. Robert Michek

3. Zpracovatele technické zprávy:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

Obsah

1 Cíl.....	6
1.1 Co bylo cílem pilotního projektu.....	6
1.2 V čem tkví inovativnost testované technologie.....	6
1.3 Proč je nutná inovace, která byla předmětem testování.....	7
2 Úvod	8
3 Průběh a harmonogram řešených aktivity v rámci projektu.....	9
4 Adaptace okounka pstruhového na peletované krmivo a podmínky RAS.....	10
4.1 Materiál a metodika.....	10
4.2 Výsledky	13
4.3 Závěr.....	14
5 Intenzivní chov okounka pstruhového v RAS s využitím dvou různých krmiv.....	15
5.1 Materiál a metodika.....	15
5.2 Výsledky	16
5.3 Závěr.....	18
6 Intenzivní chov okounka pstruhového v bikulturní obsádce s candátem obecným a porovnání jeho efektivity s monokulturními skupinami obou druhů.....	18
6.1 Materiál a metodika.....	18
6.2 Výsledky	20
6.3 Závěr.....	27
7 Vliv světelného režimu na efektivitu intenzivního chovu a fyziologický stav okounka pstruhového (<i>Micropterus salmoides</i>) v podmínkách RAS.....	27
7.1 Materiál a metodika.....	27
7.1.2 Stanovení hematologických parametrů nativní krve a biochemického profilu krevní plazmy	29
7.1.3 Stanovení tělesných indexů, úrovně oxidativního stresu a hladiny antioxidantních enzymů	30
7.1.4 Statistické zpracování výsledků	31
7.2 Výsledky	32
7.2.1 Vliv světelného režimu na produkční parametry	32
7.2.2 Vliv světelného režimu na hematologický a biochemický profil v krevní plasmě	32
7.2.3 Vliv světelného režimu na tělesné indexy odchovaných ryb	33
7.2.4 Vliv světelného režimu na úroveň oxidativního stresu a produkci antioxidantních enzymů	33
7.3 Závěr.....	40
8 Vliv různé počáteční hustoty obsádky okounka pstruhového na efektivitu jeho intenzivního chovu.....	40
8.1 Materiál a metodika.....	40
8.2 Výsledky	42



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

8.3. Závěr.....	43
9 Závěr realizovaného projektu.....	45
10 Seznam fotodokumentace	47



1 Cíl

1.1 Co bylo cílem pilotního projektu

Cílem projektu bylo poprvé v ČR otestovat možnost adaptace rybníčně odchovaného rychleného plůdku okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) na příjem peletovaného krmiva a podmínky intenzivní akvakultury využívající Recirkulační Akvakulturní systém (RAS). Po poměrně krátké adaptaci ryb došlo k postupné technologické optimalizaci intenzivního chovu okounka pstruhového z hlediska: 1) jeho společného bikulturního chovu s candátem obecným, 2) využití různě dlouhého světelného režimu a 3) různých hustot chovaných ryb okounka pstruhového na jeho efektivitu chovu. Díky realizaci tohoto projektu došlo k získání zajímavých informací o vhodnosti okouna k intenzivnímu chovu v RAS, který byl potencionálně označený za cenný a perspektivní druh pro intenzivní akvakulturu, jelikož produkuje velmi kvalitní svalovinu. Okounek pstruhový může být díky tomuto projektu více využíván v intenzivních chovech ČR, což může produkční podnikům přinést zvýšení kontinuální produkce kvalitních tržních ryb. Tyto výsledky projektu mohou v budoucnosti přinést zvýšenou rentabilitu a konkurenceschopnost českých potažmo evropských podniků využívající RAS. V rámci projektu se jedná o inovaci intenzivního chovu ryb, která je založená na nových vědomostech a profesních zkušenostech přinášející budoucí prosperitu a zvyšující konkurenceschopnost nejen českému produkčnímu rybářství.

1.2 V čem tkví inovativnost testované technologie

Řešení projektu bylo zaměřeno na zavedení a optimalizaci intenzivního chovu nového velmi cenného a perspektivního druhu – okounka pstruhového do českého produkčního rybářského sektoru využívající RAS technologii. Cílem bylo zvládnout základní technologické postupy adaptace okounka na peletované krmivo a RAS podmínky včetně optimalizace následného intenzivního chovu tohoto druhu ve spolupráci s produkčním podnikem NDCon s.r.o.. Díky výsledkům projektu bylo zjištěno, že okounek pstruhový může být úspěšně chován v kontrolovaných podmínkách RAS ve společných obsádkách s candátem obecným, že optimálním světelným režimem pro jeho intenzivní produkci je 8 hodin světla s intenzitou 120 luxů dopadající na hladinu vody a 16 hodin tmy a jeho finální obsádky bez problému v tomto chovu mohou dosahovat až 100 kg biomasy na 1000 litrů. Obecně lze konstatovat, že díky projektu bylo zjištěno, že okounek pstruhový je vhodným, a hlavně nenáročným druhem na obsluhu v rámci jeho chovu a produkce v intenzivní akvakultuře využívající RAS. V poměrně krátké budoucnosti očekáváme jeho další rozšíření v těchto chovech nejenom v ČR ale i v celé Evropě díky jeho nenáročnému odchovu a velmi dobré kvalitě masa. Okounek pstruhový tak může pomoci zvýšit evropskou diverzifikaci a objem produkce sladkovodní akvakultury a zájem konzumentů o spotřebu kvalitních sladkovodních ryb. Tím může dojít k zvýšení konkurenceschopnosti nejen českého produkčního rybářství v Evropě. Řešení projektu navázalo na již realizované pilotní (inovační) projekty, které se také věnovaly optimalizaci adaptace rybníčně odchovaných juvenilních ryb různých druhů na peletované krmivo a RAS podmínky s cílem tyto druhy efektivně intenzivně odchovávat v rámci intenzivní akvakultury využívající RAS a podporovat tak diverzifikaci sladkovodní akvakultury v ČR potažmo v Evropě:

- CZ.1.25/3.4.00/10.00318 s názvem „Ověření technologie produkce tržního candáta obecného v podmínkách recirkulačního systému“, který optimalizoval adaptaci rychleného



plůdku candáta obecného odchovaného v rybnících a následně produkovaného v intenzivní akvakultuře využívající RAS technologii;

- CZ.1.25/3.4.00/09.00529 s názvem „Zavedení intenzivní a plně kontrolované produkce tržního okouna říčního v produkčním chovu ryb v ČR“, který ověřoval adaptaci rychleného plůdku okouna říčního odchovaného v rybnících a následně produkovaného v intenzivní akvakultuře využívající RAS technologii;
- CZ.1.25/3.4.00/12.00121 s názvem „Ověření technologie adaptace mníka jednovousého na peletované krmivo a jeho intenzivní odchov“, který testoval adaptaci rychleného plůdku mníka jednovousého odchovaného v rybnících a následně produkovaného v intenzivní akvakultuře využívající RAS technologii;
- CZ.1.25/3.1.00/13.00499 s názvem „Optimalizace výživy juvenilních a starších kategorií candáta obecného trvale chovaného v RAS“, který optimalizoval výživu intenzivně chovaných candátů v RAS včetně nutričního složení použitých krmiv a frekvence krmení.

1.3 Proč je nutná inovace, která byla předmětem testování

V současné době je produkce sladkovodních ryb v ČR založena z 85-90% na rybníční produkci jednoho druhu - kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Tímto způsobem jsou na trh produkovány a nabízeny ryby v živém bez výrazného podílu zpracování. Tato produkce má výrazný sezónní charakter, který neumožňuje zákazníkům pravidelně nakupovat kvalitativně vyrovnané rybí výrobky. Z tohoto důvodu můžeme v ČR potažmo celé střední Evropě sledovat postupně klesající zájem o tržního kapra, u kterého se dlouhodobě udržuje či mírně snižuje prodejní cena. To znamená, že při zvyšujících se výrobních nákladech (vyšší cena energií, mezd a krmiv) podniky realizují produkci za stejnou či mírně nižší realizační cenu, což způsobuje snižující rentabilitu v chovu a produkci kapra. Podobný trend bude pravděpodobně pokračovat i nadále, jelikož většina zákazníků v současnosti vyhledává kvalitnější rybí druhy (např. pstruh duhový - *Oncorhynchus mykiss*, sumeček africký - *Clarias griepinus*, okounovité ryby, losos obecný - *Salmo salar*, mořské ryby a další) či produkty z nich, které jsou stabilně produkovány a nabízeny v podobě hotových výrobků nebo polotovarů. I přes vyšší pořizovací náklady těchto výrobků, začíná být tento sortiment na trhu významně preferován, díky čemu se realizace živého kapra dostává pod větší konkurenční tlak. V krátké budoucnosti produkční rybářské podniky v ČR musí očekávat snížený zájem a sníženou realizační cenu o produkovaného a nabízeného tržního kapra. Z tohoto důvodu je nutné soustředit pozornost k inovaci produkčních chovů ryb s cílem chovat a na trh nabízet cennější, kvantitativně a kvalitativně vyrovnanější hospodářsky významné druhy ryb jako je: pstruh duhový, candát obecný, okoun říční, sumeček africký, okounek pstruhový a další. Výsledky realizovaného projektu v budoucnu umožní českým rybářským podnikům do praxe zavést a efektivně intenzivní akvakulturou produkovat nový cenný druh - okounka pstruhového, který významným způsobem může zvýšit nabídku kvalitních rybích produktů v ČR. Tato aktivita může významným způsobem zvýšit poptávku po rybích výrobcích, což může přinést zvýšený konzum sladkovodních ryb v ČR a současně také vyšší tržby a finanční rentabilitu produkce tržních ryb v rámci produkčního rybářství v ČR.



2 Úvod

Tržní produkce českého rybářství je poměrně jednosměrně zaměřena a dosahuje každoročně 17–19 000 tun kapra obecného, 700–1000 tun býložravých ryb a 300–600 tun pstruha duhového. Většina produkce pochází z rybníků či průtočných systémů zabezpečovaných tradičními chovatelskými postupy, které mají silný sezónní charakter a vysokou závislost na počasí a dostatku vody v krajině. Ze zmíněných informací je zřejmé, že většina českých rybářských podniků je poměrně silně ohrožena změnou klimatu a možnou konkurencí ze strany zahraničních podniků ze států jako je: Polsko, Maďarsko, Německo, Slovinsko atd., které se zabývají inovací chovu ryb s cílem produkci ryb diverzifikovat z hlediska druhů a časového termínu (Polícar a kol., 2017). Snahou v celé Evropě je vedle tradičních druhů ryb (kapr, pstruh, lín, sumec, býložravé ryby atd.) chovat ve větším měřítku cennější druhy ryb jako je: candát, okoun, úhoř, jeseteři, sumeček atd. pomocí intenzivní akvakultury využívající RAS. Cílem této činnosti je dosáhnout vyšší a kontinuální produkce tržních ryb, která by více odpovídala nárokům současného trhu v Evropě a snížila její závislost na dovozu tržních ryb především z Asie (Polícar a kol., 2019). Intenzivní chovy ryb jsou v současné Evropě velmi rychle se rozvíjejícím sektorem a i v České republice můžeme sledovat rozvoj cca 8-10 chovů využívající tuto technologii (např.: Pstruhařství Jizerské hory s.r.o., Tilapia s.r.o., NDC-ryba s.r.o., BioFish s.r.o., SALMOFARM s.r.o. atd.) s ročním objemem produkce cca kolem 1000 tun tržních ryb. Ovšem ekonomika a rentabilita chovu těchto podniků závisí na managementu produkce, chovatelských zkušenostech, technologickém vybavení, produkovaných druzích ryb a marketingu. Platí pravidlo, že čím více druhů je chováno a čím vyšší produkce je dosahováno, tím vyšší je rentabilita chovu a následného prodeje. Současnou snahou vznikajících českých RAS chovů je zvládnout produkci celé řady cenných druhů, které jsou pro RAS chovy rentabilní. Okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) je jedním z nejpopulárnějších druhů sladkovodních ryb pro sportovní rybolov a spotřebu ryb v Asii (především Číně) a Severní Americe. Tento druh byl do Evropy (teplé oblasti Španělska, Portugalska, Francie, Německa a další) potažmo ČR dovezen v předminulém a minulém století (Kouřil a Klimeš, 1999). Je to druh, který v našich rybnících přežívá bez nějakého výrazného produkčního potenciálu (v mírném klimatu má nízké přežití a růst) (Dubský a kol., 1982). Tyto vlastnosti jsou charakteristické pro neinvazní druh, který se bez problémů může hospodářsky využívat, aniž by měl negativní vliv na místní původní populace ichtyofauny. Chov okounka v kontrolovaných podmínkách RAS s vyšší teplotou vody (23–25°C) a dalšími optimálními podmínkami (světlo, obsah kyslíku, pH a další) se zdá být velmi zajímavý a lukrativní z hlediska jeho vysokého růstu (Petit a kol., 2002; 2003; Park a kol., 2015; 2017). Z tohoto důvodu je velmi žádoucí chov okounka v české akvakultuře otestovat a poukázat na případné jeho potencionální pozitivní využití v rámci intenzivních akvakulturních chovů.

Použitá literatura:

- Dubský, K., Kouřil, J., Skácelová, O., 1982. Výtěr okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a odchov jeho plůdku. Bulletin VÚRH Vodňany, 2: 13–25.
- Kouřil, J., Klimeš, J., 1999. Rozmnožování a odchov násadového materiálu okounka pstruhového. Edice Metodik (Metodika), VÚRH JU Vodňany, 60: 9 s.
- Park, J., Renukdas, N., Luna, T., Roy, L.A., 2015. The Effects of biomass density on size variability and growth performance of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in a semi-closed recirculating system. Journal of World Aquaculture Society 46, 283–291.
- Park, J., Renukdas, N., Luna, T., Roy, L.A., 2017. Maximum yield approximation and size



distribution patterns of stocker size largemouth bass, *Micropterus salmoides* reared in a semi-closed indoor system. Aquaculture Research 48, 780–791.

Petit, G., Beauchaud, M., Buisson, B., 2002. Density effects on food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture Research 32, 495–497.

Petit, G., Beauchaud, M., Attia, J., Buisson, B., 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/dark cycle (12L : 12D) or exposed to continuous light. Aquaculture 228, 397–401.

Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Vaniš, J., 2017. Může být kombinace rybníčního a intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) úspěšně využita v rámci českého produkčního rybářství? In: Urbánek, M. (ed.): 4. ročník odborné konference Rybářské sdružení České republiky. Sborník referátů z odborné konference, České Budějovice 9. – 10. února 2017, 33–41.

Polícar T., Křišťan J., Malinovskyi O., Yanes-Roca C., 2019. Možnosti diverzifikace a posílení konkurenceschopnosti české akvakultury. In: Urbánek, M. (ed.): Sborník referátů 5. ročníku odborné konference, České Budějovice 14.-15.2.2019, 87–92.

3 Průběh a harmonogram řešených aktivity v rámci projektu

Tento pilotní projektu č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000793 „Adaptace a chov okounka pstruhového v podmínkách intenzivní akvakultury využívající RAS“ byl fyzicky realizován od 1.7.2019 do 26.2.2021. Ovšem už od konce května do začátku července roku 2019 byly v rámci spolupráce mezi pracovníky z FROV JU, SRŠ Vodňany a podniku NDCon s.r.o. realizovány výtěry generačních ryb okounka pstruhového a následný odchov larev a juvenilních ryb tohoto druhu, který probíhal v sádkách a malých parcelových rybnících podle Kouřila a Klimeše (1999). Tento chov probíhal 5 týdnů a byl ukončený výlovem juvenilních ryb okounka 2.7.2019 ve velikosti TL= 45,2 ± 5,1 mm a W= 0,8 ± 0,1 g. Dne 3.7.2019, po pečlivé přípravě rybochovných zařízení na FROV JU a NDCon s.r.o. k realizaci tohoto projektu, došlo k transportu a vysazení 17 760 ks juvenilních okounků pstruhových do zmíněných provozů, kde byly postupně realizováno pět dílčích poloprovozních experimentů. Všechny experimenty byly provedeny na obou pracovištích (FROV JU a NDCon s.r.o.) s cílem minimalizovat rizika intenzivního chovu okounka pstruhového v RAS a dosáhnout tak plánovaných kvalitních výsledků. Jednotlivé nádrže na obou pracovištích byly využité jako jednotlivá opakování při matematicko-statistickém zpracování výsledků jednotlivých realizovaných experimentů.

Tyto experimenty měly postupně za cíl popsat a zhodnotit: 1) adaptaci rybníčně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového na peletované krmivo a podmínky RAS (průběh od 4.7.2019 do 10.7.2019), 2) ověřit efektivitu intenzivního chovu okounka pstruhového při použití dvou různých krmiv od 10.7. 2019 do 30.10. 2019, 3) otestovat a vyhodnotit možnost chovat intenzivně okounka pstruhového v biculturní obsádce s candátem obecným v porovnání s monokulturními skupinami obou druhů (oddělený odchov candáta obecného a okounka pstruhového) s realizací od 5.11.2019 do 8.1.2020, 4) optimalizovat světelný režim při intenzivním chovu okounka pstruhového v RAS s cílem dosáhnout efektivní produkce a dobrého fyziologického stavu ryb s realizací od 14.1.2020 do 3.6.2020 a 5) otestovat a vyhodnotit vliv různé hustoty odchovávaných ryb okounka pstruhového v podmínkách intenzivní akvakultury využívající RAS technologii na efektivitu jeho chovu od 16.6.2020 do 29.12.2020.



V období od 29.12.2020 do 26.2.2021 došlo k sumarizaci, matematicko-statistickému zpracování všech získaných výsledků a k přípravě této technické zprávy.

Použitá literatura:

Kouřil, J., Klimeš, J., 1999. Rozmnožování a odchov násadového materiálu okounka pstruhového. Edice Metodik (Metodika), VÚRH JU Vodňany, 60: 9 s.

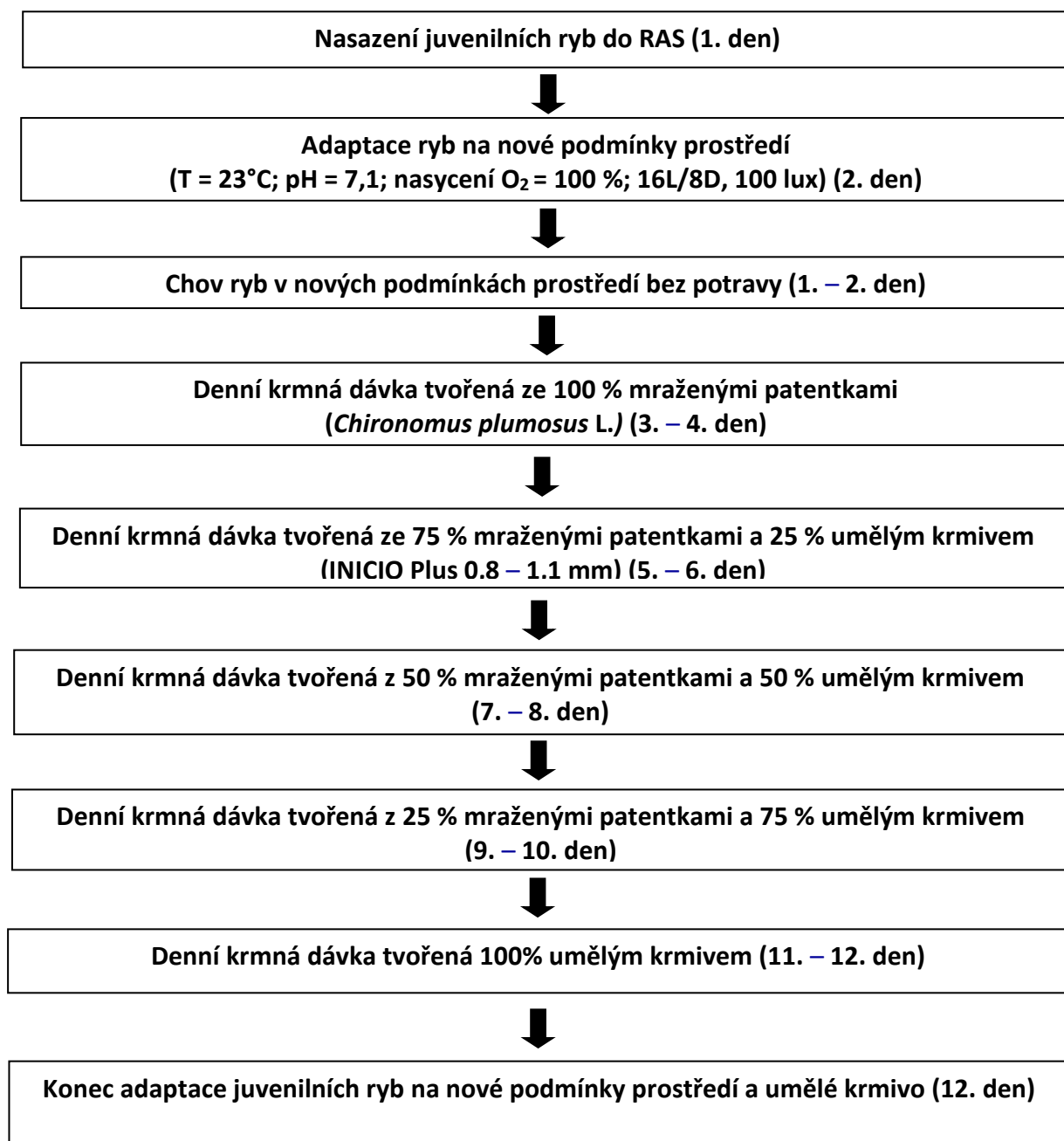
4 Adaptace okounka pstruhového na peletované krmivo a podmínky RAS

4.1 Materiál a metodika

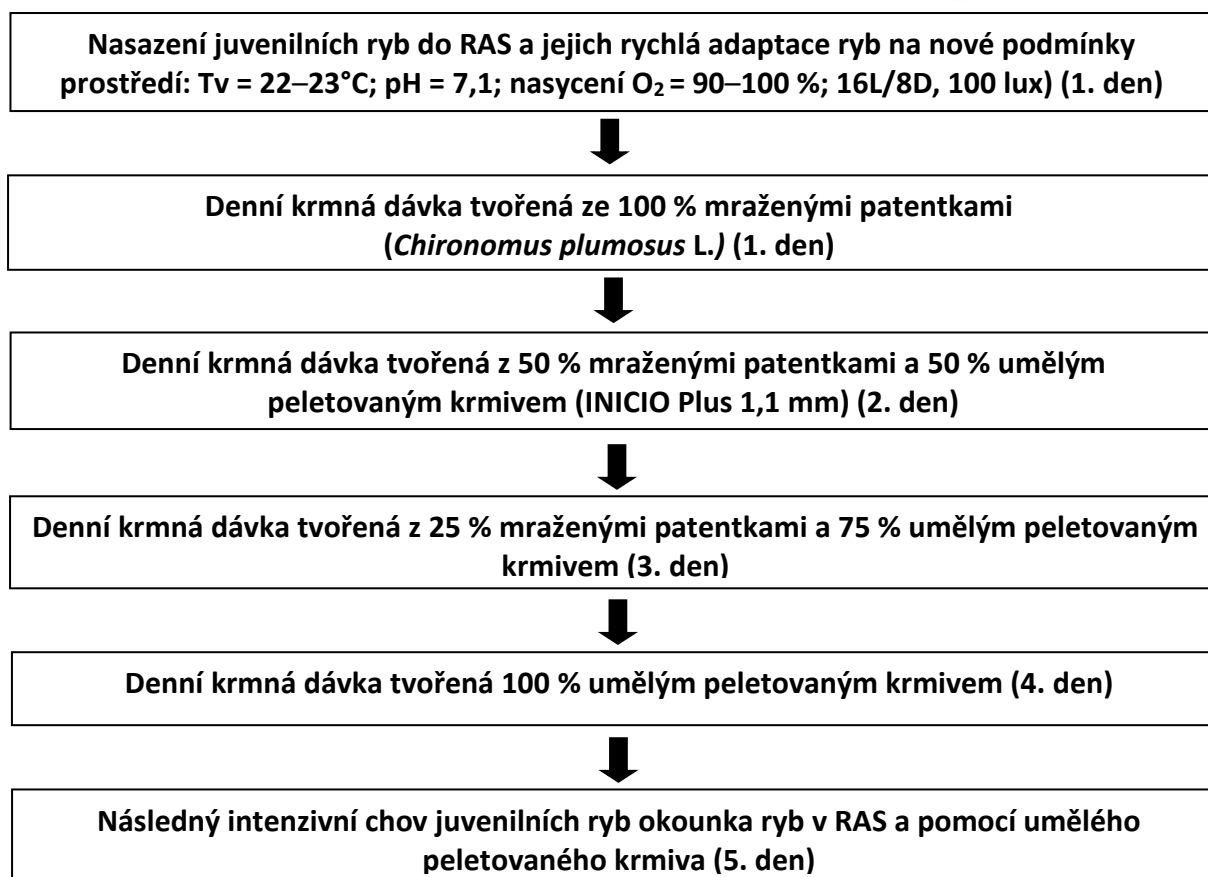
Dne 3.7.2019 došlo k transportu odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového (TL= $45,2 \pm 5,1$ mm a W= $0,8 \pm 0,1$ g), které byly vylovené z rybníků SRŠ Vodňany, FROV JU a NDCon s.r.o.. Tyto ryby byly postupně nasazeny do tří nádrží (průměr 0,885 m a výška 0,62 m s využitou výškou vodní hladiny 0,5 m a jednotném objemu vody 307 litrů) napojených na RAS v experimentální rybochovné místnosti Laboratoře intenzivní akvakultury FROV JU popsané Policarem a kol. (2016a) a do tří malých nádrží (průměr 1,2 m a výška 1,2m s využitou výškou vodní hladiny 1m a jednotném objemu 1 100 litrů) napojených na kompletní a funkční produkční RAS podniku NDCon s.r.o. ve Volarech. Ryby byly nasazované v počáteční hustotě 4 ks.l⁻¹ (počáteční biomasa 3,2 kg.m⁻³). Celkem tedy bylo do jedné nádrže na FROV JU vysazeno 1228 ks a do jedné nádrže v NDCon s.r.o. 4400 ks okounků pstruhových. Na obou pracovištích bylo celkem vysazeno 16 884 ks daných ryb, které byly využity k adaptaci ryb na podmínky prostředí intenzivního chovu v RAS.

Před nasazením ryb do této adaptace v RAS bylo celkem u 300 kusů ryb v rámci jednotlivých rybochovných provozů provedeno vážení kusové hmotnosti (W) a měření celkové délky (TL). Při měření a vážení ryb bylo použito anestetikum hřebíčkový olej v dávce 0,33 ml na 10 litrů vody. Ke měření TL ryb bylo použito klasické měřidlo používané k biometrickému měření ryb s přesností na 1 mm. Ke kontrolnímu vážení hmotnosti nasazovaných ryb byly použity digitální váhy Mettler AE 2000 od firmy Mettler Toledo s.r.o. (Česká republika) s přesností vážení na 0,01 g.

Ryby byly nasazeny na obou pracovištích do podobných podmínek prostředí: teplota vody 22–23 °C, obsah rozpuštěného kyslíku 90–110 % (oba parametry kvality vody byly měřeny pomocí přenosného oxymetru YSI Pro ODO dvakrát denně v 7:00 a 18:00), pH 7,1 (měřené přenosným pH metrem od firmy WTW 3310 jedenkrát denně v 8:00), světelný režim 16L:8D s intenzitou světla 100 luxů, které odpovídaly podmínkám vhodným a dlouhodobě otestovaným pro adaptaci rybníčně odchovaných juvenilních ryb candáta obecného (Policar a kol., 2013; 2014; 2016b). Ovšem tyto původně plánované podmínky (Obr.1) byly při adaptaci rybníčně odchovaných ryb okounka postupně upraveny, jelikož ryby okounka byly velmi plastické a snadno adaptovatelné. Z tohoto důvodu byly jednotlivé intervaly adaptace zkracovány. Finálně prostorová a potravní adaptace juvenilních ryb okounka tak trvala 5 dní (Obr.2).



Obr. 1. Grafické znázornění původně plánované prostorové a potravní adaptace rybničně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) podle dlouhodobě ověřené adaptace rybničně odchovávaných juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.), která byla publikována Policarem a kol. (2014; 2017).



Obr. 2. Grafické znázornění upravené a modifikované prostorové a potravní adaptace rybníčně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*), která byla skutečně realizována a uplatněna v průběhu řešení tohoto inovačního projektu.

Jak je zřejmé z Obr. 2 jako krmný atraktant na začátku adaptace byly použity mražené patentky a dále potom krmivo INICIO Plus 1,1 mm. Obě krmiva byla předkládána ručně, podle příjmu ryb v denní dávce *ad libitum* v průběhu světelné části dne. Základní nutriční složení použitých krmiv při adaptaci a následném intenzivním odchovu jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1. Nutriční složení krmiv použitých při adaptaci rybníčně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) na umělé peletované krmivo a podmínky RAS.

Ukazatel	Mražené patentky	Biomar INICO Plus (1,1 mm)
Velikost částic (mm)	9-13	1,1
Bílkoviny (%)	65	56
Tuk (%)	1	18
Uhlohydráty (NFE %)	32	8,9
Vláknina (%)	1	0,3
Popeloviny (%)	0,5	10,8
Stravitelná energie (MJ.kg ⁻¹)	15,1	19,3



V průběhu adaptace byla sledována denní mortalita ryb, chování adaptovaných ryb a jejich příjem krmiva. Na konci adaptace ryb (9.7.2019), tzn. po 5 dnech od jejich nasazení do RAS, došlo k opětovnému kontrolnímu měření a vážení reprezentativního vzorku 300 ks ryb na obou pracovištích. Dále v jednotlivých nádržích byly přepočítány všechny přeživší ryby a zvážena jejich celková biomasa. Díky zjištěným biometrickým ukazatelům ryb na začátku a na konci adaptace, aplikovanému množství krmiva, počtu přeživších ryb a jejich finální biomase došlo následně na konci adaptace k výpočtu následujících produkčních ukazatelů:

Fultonův kondiční koeficient (FK) = $(W/TL^3) \times 100$, kde W je průměrná hmotnost v gramech a TL je průměrná celková délka odchovaných ryb v centimetrech na začátku a na konci období adaptace.

Specifická rychlost růstu (SGR v $\% \cdot d^{-1}$) = $100t^{-1} \ln(W_2 \times W_1^{-1})$, kde t je počet dní v daném období, W_1 je průměrná hmotnost nasazovaných ryb a W_2 je konečná průměrná hmotnost slovených ryb na konci období,

Přežití ryb (P v %) = $(PPR/PNR) \times 100$, kde PPR je počet přeživších ryb (ks) a PNR je počet nasazených ryb (ks),

Míra kanibalismu (K v %) = $[(PNR - PUR - PPR)/PNR] \times 100$, kde PUR je počet uhynulých ryb v daném období (ks),

Koeficient konverze krmiva (FCR = Feed Conversion Ratio v $g \cdot g^{-1}$) = $CKD/(KB - PB)$, kde CKD je celková krmená dávka za období adaptace (g), tzn. množství předloženého krmiva, KB je konečná celková biomasa ryb v nádrži (g) a PB je počáteční biomasa ryb v nádrži (g). Využitá hodnota CKD zahrnovala v rámci výpočtu FCR i množství předloženého krmiva, které nebylo rybami stoprocentně využito, jelikož ryby nebyly ještě plně adaptované na příjem umělého krmiva. V poloprovozních podmínkách nebylo možné zjistit a oddělit množství nevyužitého krmiva, a tak bylo s ním kalkulováno při stanovení hodnoty FCR.

Získané výsledky byly matematicko-statisticky zpracované a jsou uvedené jako průměrné hodnoty $\pm$ směrodatná odchylka.

4.2 Výsledky

Ihned po nasazení ryb do jednotlivých nádrží byl pozorován minimální plachost a stres u ryb, které po cca 30-45 minutách bez problémů začaly přijímat předkládané mražené patentky. Nebylo pozorováno žádné agresivní chování ryb a v průběhu adaptace nedošlo k žádnému kanibalismu, především z důvodu toho, že ryby byly velmi dobře vytříděné. Obecně bylo zjištěno, že se okounek vyznačuje menší mírou kanibalismu v průběhu adaptace (v našem případě 0 %) než třeba candát obecný nebo okoun říční (*Perca fluviatilis*).

Okounek pstruhový 2. den po nasazení velmi ochotně začal přijímat míchanou polovlhou směs (krmivo tvořené z 50 % patentkami a 50% umělým krmivem) a obecně příjem umělého krmiva ze strany ryb byla bezproblémová. Proto celé období adaptace bylo zkráceno na minimum = 5 dní, jak již bylo zmíněno v materiálu a metodice. Vzhledem k tomu, že adaptace rybníčně odchovaných okounků proběhla bez větších problémů a komplikací, tak byly na konci adaptace zjištěny velmi dobré produkční výsledky v podobě vysokého přežití ($92,0 \pm 2,5 \%$) a SGR ($11,2 \pm 2,3 \% \cdot d^{-1}$). Vysoká míra přežití a růstu ryb svědčí o bezproblémové adaptaci ryb na nové podmínky a krmivo. Z tohoto hlediska je okounek pstruhový ideálním a bezproblémovým druhem, který se hodí do akvakultury využívající kombinaci rybníčního a intenzivního chovu ryb. Okounek v průběhu adaptace dosahoval horších parametrů koeficientu konverze krmiva ($FCR = 2,9 \pm 0,7 g \cdot g^{-1}$), což bylo způsobené zaprvé používáním



mražených patentek obsahující nižší obsah sušiny a zadruhé vyšší ztrátou a částečným nevyužitím části předkládaných krmiv při adaptaci ryb (Tab. 2).

Tab. 2. Průměrná velikost, hmotnost ryb a jejich produkční ukazatelé dosažené na konci adaptace rybníčně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) na umělé krmivo a RAS podmínky.

Produkční ukazatel	Průměrné hodnoty
Počáteční celková délka TL (mm)	45,2 ± 5,1
Počáteční hmotnost W (g)	0,8 ± 0,1
Počáteční FK	0,9 ± 0,1
Konečná celková délka TL (mm)	56,8 ± 3,3
Konečná hmotnost W (g)	1,4 ± 0,6
Konečný FK	0,8 ± 0,1
SGR (%.d ⁻¹)	11,2 ± 2,3
Celkové přežití (%)	92,0 ± 2,5
Míra kanibalismu (%)	0
FCR (g.g ⁻¹)	2,9 ± 0,7

4.3 Závěr

V rámci této části projektu bylo zjištěno, že rybníčně odchované juvenilní ryby okounka pstruhového jsou snadno adaptovatelné na umělé peletované krmivo a podmínky RAS s vysokým přežitím kolem 92 %. Ryby při adaptaci byly velmi aktivní a plastické, což značí na lehce přizpůsobivý rybí druh k daným podmínkám. Současně bylo zjištěno, že okounek při adaptaci nevykazoval pokles růstu, ba naopak dosahoval vysoké rychlosti růstu (SGR= 11,2 ± 2,3 %.d⁻¹) a netrpěl kanibalismem. Při adaptaci okounka na intenzivní akvakulturu došlo k dosažení zvýšené hodnoty FCR (kolem 3 g.g⁻¹).

Použitá literatura:

- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany 141: 46 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., 2016a. Hromadný poloumělý výtěr candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) s použitím recirkulačního akvakulturního systému (RAS). Edice Metodik (Poloprovoz), FROV JU Vodňany, 163: 32 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Mráz, J., Velíšek, J., Stará, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svačina, P., Samarin, A. M., 2016b. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquaculture International*, 24: 1607–1626.
- Polícar, T., Blecha, M., Křišťan, J., Malinovskyi, O., Vaniš, J., 2017. Může být kombinace rybníčního a intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) úspěšně využita v rámci českého produkčního rybářství? In: Urbánek, M. (ed.): 4. ročník odborné konference Rybářské sdružení České republiky. Sborník referátů z odborné konference, České Budějovice 9. – 10. února 2017, 33–41.



5 Intenzivní chov okounka pstruhového v RAS s využitím dvou různých krmiv

5.1 Materiál a metodika

Po ukončené adaptaci (10.7.2019), kdy bylo celkem na obou pracovištích získáno 15 533 ks okounka pstruhového s TL = 56,8 mm a W=1,4 g (3 389 ks ve Vodňanech a 12 144 ks ve Volarech), probíhal následně intenzivní chov adaptovaných juvenilních ryb tohoto druhu s cílem ověřit úspěšnost okounka v intenzivním chovu při využití dvou různých krmiv (Biomar INICIO Plus 1,1–1,5 mm a Skretting GEMMA Diamond 1,2–1,5 mm). Vytříděné a vybrané ryby (3318 ks ve Vodňanech a 11 880 ks ve Volarech) byly opětovně na obou pracovištích vysazeny do stejného RAS a stejných (ale šesti) odchovných nádrží s počáteční hustotou 1,8 ks.l⁻¹, což odpovídá počáteční hustotě 2,6 kg.m⁻³. Ryby byly chované v podobných podmínkách prostředí, jako tomu bylo v průběhu adaptace: teplota vody 22,8 ± 0,7 °C; pH = 6,9 ± 0,3; nasycení kyslíkem 97,9 ± 7,5 % se světelným režimem 16L/8D a světelnou intenzitou 100 luxů. Zmíněná kvalita vody byla měřena stejným způsobem jako při adaptaci ryb na krmivo a RAS.

Ostatní ryby, které nebyly zahrnuty do tohoto odchovu (ve Vodňanech 71 ks a ve Volarech 264 ks), byly odchovány zvlášť a krmeny krmivem Biomar INICIO Plus, vždy ve čtvrté nádrži na daném pracovišti, s cílem ryby potencionálně využít v dalším průběhu tohoto projektu, jelikož zdroj intenzivně odchovávaných okounků v Evropě je velmi omezený a nestabilní.

V průběhu 105denního období odchovu (od 10.7.2019 do 30.10.2019), které bylo rozděleno na tři dílčí období (u každého délka 35 dní), byly testovány na obou pracovištích dvě skupiny ryb se třemi opakováními (6 odchovných nádrží u každého partnera projektu), které byly krmeny ručně v průběhu světelné části dne s půlhodinovými intervaly dvěma různými krmivy (Biomar INICIO Plus 1,1–1,5 mm a Skretting GEMMA Diamond 1,2–1,5 mm) se stejnou denní krmnou dávkou 7 % (na začátku) 3 % (na konci) z biomasy ryb. Nutriční složení obou použitých krmiv je uvedené v Tab. 3.

Tab. 3. Nutriční složení krmiv použitých při intenzivním odchovu juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) podmínkách RAS.

Ukazatel	Biomar INICIO Plus	Skretting GEMMA Diamond
Velikost částic (mm)	1,1–1,5	1,2–1,5
Bílkoviny (%)	54–56	57
Tuk (%)	18–21	15
Uhlohydráty (NFE %)	7,2–8,9	8
Vláknina (%)	0,3–0,4	0,2
Popeloviny (%)	10,8–11,0	10,5
Stravitelná energie (MJ.kg ⁻¹)	19,3–20,0	19,8

Na začátku této aktivity projektu bylo na každém pracovišti provedeno biometrické šetření u reprezentativního vzorku 120 ks experimentálních ryb (30 ks z každé nádrže). Stejně množství ryb bylo biometricky vyšetřeno také na konci každého období odchovu potažmo celého odchovu. Obě biometrická šetření byla realizována stejným způsobem a byla využita na kalkulaci a vyhodnocení stejných produkčních parametrů: Fultonův kondiční koeficient (FK), Specifická rychlost růstu (SGR v %.d⁻¹), Přežití ryb (P v %), Míra kanibalismu (K v %), Koeficient



konverze krmiva (FCR v g.g^{-1}) na konci každého dílčího období odchovu, podobně jako tomu bylo u předchozí adaptace okounků pstruhových na umělé krmivo a RAS podmínky.

Získané výsledky u obou skupin byly matematicko – statisticky zpracované a jsou uvedené jako průměrné hodnoty $\pm$ směrodatná odchylka. Statistické vyhodnocení těchto výsledků bylo provedeno v programu Statistika pomocí jedno–faktorové ANOVY a T-testu. Výsledky mezi skupinami byly porovnány a hodnoceny na hladině významnosti $p < 0,05$.

5.2 Výsledky

Už v průběhu prvního období tohoto odchovu bylo zajímavé sledovat, že ryby okounka pstruhového ve skupině krmené krmivem od firmy Skretting, kdy ryby nebyly zvyklé toto krmivo přijímat, nevykazovaly žádný snížený příjem krmiva, potažmo sníženou míru růstu ($\text{SGR } 4,6 = \text{‰.d}^{-1}$ oproti $\text{SGR} = 4,5\text{‰.d}^{-1}$ ve skupině ryb krmené krmivem Biomar). Dokonce hodnota FCR byla ve skupině „Skretting“ nižší ($1,2 \text{ g.g}^{-1}$) oproti skupině „Biomar“. To svědčilo o tom, že ryby ve skupině „Skretting“ efektivně a velmi účelně využívaly předkládané krmivo bez jakýchkoliv problémů. Je pravdou, že tyto zmiňované rozdíly v hodnotách FCR byly dosaženy bez statistické průkaznosti a lze tvrdit, že ryby obou skupin dosáhly podobných produkčních parametrů bez jakéhokoliv vlivu u obou testovaných krmiv v rámci prvního období této části projektu (Tab. 4).

Dokonce ve druhém období tohoto odchovu byla zjištěna statisticky vyšší rychlost růstu u skupiny „Skretting“, kdy ryby dosáhly SGR na úrovni $1,5 \text{‰.d}^{-1}$ oproti skupině „Biomar“ s $\text{SGR} = 0,7 \text{‰.d}^{-1}$. Jiné produkční parametry, jak je míra přežití ($P = 97,5\text{--}98,0\%$) a kanibalismu ($K = 0$) a koeficient konverze krmiva ($\text{FCR} = 1,2\text{--}1,5 \text{ g.g}^{-1}$) byly bez signifikantních rozdílů mezi skupinami.

Situace kolem rychlosti růstu ryb se v obou testovaných skupinách změnila ve třetí období tohoto odchovu, kdy ryby skupiny „Biomar“ dosáhly statisticky vyššího růstu ($\text{SGR} = 1,7 \text{‰.d}^{-1}$) oproti skupině „Skretting“ s SGR na hodnotě $1,1 \text{‰.d}^{-1}$. Pravděpodobně tato změna byla jen určitým výkyvem, který neměl žádný významný vliv na produkční ukazatele za celé období odchovu v rámci této řešené části projektu. Ostatní produkční parametry i ve třetím období nebyly statisticky rozdílné mezi různě krmenými skupinami ryb.

Ze sumárních výsledků, které charakterizují produkční ukazatele za celé období 105denního odchovu juvenilních ryb okounka pstruhového v kontrolovaných podmínkách krmených pomocí dvou různých krmiv, lze konstatovat, že byly dosaženy následující zajímavé výsledky bez statistických rozdílů mezi skupinami jako jsou: poměrně vysoká rychlost růstu ($\text{SGR} = 2,3\text{--}2,4 \text{‰.d}^{-1}$), relativně dobrý koeficient konverze krmiva ($\text{FCR} = 1,4\text{--}1,6 \text{ g.g}^{-1}$), vysoká míra kumulativního přežití ($P = 90\%$) a nulová míra kanibalismu (Tab. 4).

Lze tedy konstatovat, že obě použítá krmiva (Biomar INICIO Plus a Skretting GEMMA Diamond) jsou vhodná pro výživu juvenilních ryb okounka pstruhového o kusové velikosti: $\text{TL} = 57\text{--}126 \text{ mm}$ a $\text{W} = 6,7\text{--}17,5 \text{ g}$ v rámci intenzivní akvakultury



Tab. 4. Sumarizace biometrických hodnot (TL, W a FK) a dosažené produkční parametry (SGR, K a FCR) v průběhu intenzivního chovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) při testování dvou různých krmiv.

Ukazatel	Biomar INICIO Plus	Skretting GEMMA Diamond
Začátek		
TL (mm)	56,8 ± 3,3 ^a	56,8 ± 3,3 ^a
W (g)	1,4 ± 0,6 ^a	1,4 ± 0,6 ^a
FK	0,8 ± 0,1 ^a	0,8 ± 0,1 ^a
Konec 1. období		
TL (mm)	79,5 ± 5,6 ^a	82,8 ± 6,0 ^a
W (g)	6,65 ± 1,3 ^a	7,0 ± 1,2 ^a
FK	1,3 ± 0,3 ^a	1,2 ± 0,1 ^a
SGR (%.d ⁻¹)	4,5 ± 1,2 ^a	4,6 ± 1,8 ^a
P (%)	97,5 ± 0,5 ^a	98,0 ± 0,5 ^a
K (%)	0	0
FCR (g.g ⁻¹)	1,5 ± 0,3 ^a	1,2 ± 0,2 ^a
Konec 2. období		
TL (mm)	90,1 ± 7,5 ^a	99,1 ± 8,0 ^a
W (g)	8,4 ± 1,6^a	11,8 ± 3,0^b
FK	1,1 ± 0,1 ^a	1,2 ± 0,2 ^a
SGR (%.d ⁻¹)	0,7 ± 0,2^a	1,5 ± 0,3^b
P (%)	97,0 ± 0,5 ^a	97,0 ± 0,5 ^a
K (%)	0	0
FCR (g.g ⁻¹)	1,8 ± 0,4 ^a	1,5 ± 0,2 ^a
Konec 3. období		
TL (mm)	108,3 ± 8,1 ^a	115,8 ± 9,1 ^a
W (g)	15,4 ± 8,7 ^a	17,5 ± 9,1 ^a
FK	1,2 ± 0,1 ^a	1,2 ± 0,1 ^a
SGR (%.d ⁻¹)	1,7 ± 0,3^b	1,1 ± 0,2^a
P (%)	95,0 ± 0,5 ^a	95,0 ± 0,5 ^a
K (%)	0	0
FCR (g.g ⁻¹)	1,4 ± 0,2 ^a	1,6 ± 0,1 ^a
Za celé období odchovu		
SGR (%.d ⁻¹)	2,3 ± 0,2 ^a	2,4 ± 0,2 ^a
FCR (g.g ⁻¹)	1,6 ± 0,3 ^a	1,4 ± 0,2 ^a
P kumulativní (%)	90 ± 0,5 ^a	90 ± 0,5 ^a
K (%)	0	0



5.3 Závěr

V průběhu 105denního odchovu juvenilních ryb okounka pstruhového o kusové velikosti: TL = 57–126 mm a W = 6,7–17,5 g v RAS podmínkách bylo dosaženo vysokého přežití ryb na úrovni 90 %, vysoké rychlosti růstu ($SGR = 2,3\text{--}2,4 \text{ \%} \cdot d^{-1}$), dobré konverze krmiva ($FCR = 1,4\text{--}1,6 \text{ g} \cdot g^{-1}$) a nulové míry kanibalismu bez ohledu na použitá krmiva. Obecně lze konstatovat, že intenzivní chov juvenilních ryb okounka pstruhového v daných velikostech lze realizovat poměrně úspěšně bez větších technologických problémů.

6 Intenzivní chov okounka pstruhového v bikulturní obsádce s candátem obecným a porovnání jeho efektivity s monokulturními skupinami obou druhů

6.1 Materiál a metodika

Od 1.11. do 5.11. 2019 došlo na obou pracovištích k třídění a přípravě vyrovnaných experimentálních ryb okounka pstruhového (TL = $103,8 \pm 3,5$ mm a W = $12,5 \pm 2,5$ g) a candáta obecného (TL = $121,7 \pm 5,5$ mm a W = $12,2 \pm 1,9$ g), kdy pro odchov ve Vodňanech bylo připraveno celkem 1620 ks okounka pstruhového a 1620 ks candáta obecného a pro chov ve Volarech (pro podnik NDCon s.r.o.) 5805 ks okounka pstruhového a 5802 ks candáta obecného ve zmíněných kusových velikostech. Candát obecný byl před tímto experimentem odchován v rybnících a následně po jeho adaptaci v intenzivních rybochovných provozech FROV JU ve Vodňanech a NDCon s.r.o. ve Volarech podle metodických pokynů publikovaných Policarem a kol. (2014; 2016; 2017). Zbývající ryby okounka pstruhového, které byly odchovány v prvních aktivitách – experimentech tohoto projektu (kapitola 4 a 5 této zprávy) nebyly použity v této aktivitě. Celkem se jednalo o 6555 ks ryb s TL = $130,1 \pm 28,2$ mm a W = $25,6 \pm 10,2$ g, které byly vysazeny v podniku NDCon s.r.o. do dalších tří malých odchovných nádrží o objemu 1100 litrů v počáteční hustotě $1,99 \text{ ks} \cdot l^{-1}$ neboli $50,9 \text{ kg} \cdot m^{-3}$. Cílem tohoto dochovu bylo ryby odchovávat jako rezervu a dostatečnou podporu pro další plánované aktivity tohoto projektu.

Vedle experimentálních ryb byly v období 1.11. až 5.11. 2019 důkladně vyčištěny, dezinfikovány a na nové nasazení ryb připraveny odchovné nádrže, které na obou partnerských pracovištích byly stejné jako byly nádrže využívané v kapitole 4 a 5 této zprávy.

Po přípravě ryb a odchovných nádrží došlo k nasazení celkem 9 nádrží v obou partnerských provozech, kdy vždy u každého provozu byly 3 nádrže využity pro odchov bikulturní obsádky okounek+candát a dalších 6 nádrží k monokulturnímu oddělenému odchovu okounka a candáta. Nádrže na FROV JU s objemem vody 307 litrů byly nasazeny celkovým počtem 360 ks ryb v monokultuře okounka či candáta. V bikulturním chovu v rámci směsné obsádky okouna a candáta bylo na FROV JU do jedné nádrže nasazeno 180 ks okounka a 180 ks candáta v poměru 1:1. Stejná počáteční hustota ryb byla využita i v podniku NDCon s.r.o., kdy do jedné nádrže s objemem 1100 litrů bylo celkem nasazeno 1290 ks ryb v monokultuře okounka či candáta. V bikulturním chovu v rámci směsné obsádky okouna a candáta bylo v podniku NDCon s.r.o. do jedné nádrže nasazeno 645 ks okounka a 645 ks candáta v poměru 1:1. Další detailní informace o nasazení ryb do jednotlivých nádrží je uvedeno v Tab. 5.



Tab. 5. Podmínky nasazení jednotlivých skupin ryb v rámci intenzivního chovu bikulturní obsádky okounka pstruhového v RAS a jeho porovnání s monokulturními populacemi obou druhů.

Rybí obsádka	Počet nádrží	TL (mm)	W (g)	Počáteční hustota	
				g.l ⁻¹	ks.l ⁻¹
Bikulturní okounek	6 = 3 na FROV JU + 3 v NDCon s.r.o.	103,8 ± 3,5	12,5 ± 2,5 g	7,3	0,587
Bikulturní candát	6 = 3 na FROV JU+ 3 v NDCon s.r.o.	121,7 ± 5,5	12,2 ± 1,9 g	7,2	0,587
Monokulturní okounek	6 = 3 na FROV JU + 3 v NDCon s.r.o.	103,8 ± 3,5	12,5 ± 2,5 g	14,6	1,17
Monokulturní candát	6 = 3 na FROV JU + 3 v NDCon s.r.o.	121,7 ± 5,5	12,2 ± 1,9 g	14,3	1,17

Tento experiment trval 63 dní od 5.11.2019 do 8.1.2020. V průběhu odchovu se udržovaly následující parametry kvality vody jako je: teplota vody ($22,6 \pm 0,8$ °C), obsah rozpuštěného kyslíku ($100,5 \pm 9,05$ %) a pH ($6,53 \pm 0,33$), kdy tyto parametry kvality vody byly měřeny stejným způsobem, jako v kapitole 4 této zprávy. Vedle zmíněných parametrů kvality vody byla ještě jedenkrát denně v 8:30 zjišťována koncentrace celkového amoniaku ($\text{TAN} = 0,5 \pm 0,2$ mg.l⁻¹) pomocí jednoduché titrační a kolorimetrické příruční sady využívající Nesslerovo činidlo a Seignetovu sůl a dusitanů ($0,4 \pm 0,15$ mg.l⁻¹) pomocí příruční titrační a kolorimetrické sady využívající kyselinu sulfanilovou ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$) a roztok NED (N-1-Naftylyl Etylendiamin Dihydrochlorid). Pomocí těchto sad došlo ke stanovení orientační koncentrace amoniakálního dusíku ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) v mg.l⁻¹ a dusitanového dusíku ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) v mg.l⁻¹. Následně se koncentrace obou parametrů přepočítala pomocí koeficientů na koncentraci celkového amoniaku a dusitanů podle Policara a kol. (2018). Obě zmíněné sady na stanovení koncentrace amonného a dusitanového dusíku byly získány na FROV JU v Laboratoři vodní toxikologie a ichtyopatologie. Určitou nevýhodou použití příruční sady pro stanovení TAN byla skutečnost, že sada obsahuje Nesslerovo činidlo, tj. chemikálii, se kterou může pracovat pouze osoba odborně způsobilá podle Zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a přípravcích. Nesslerovo činidlo totiž obsahuje rtuť, tzn., že je velmi toxické a nebezpečné pro životní prostředí. Likvidace roztoků po stanovení amoniakálního dusíku muselo být, proto provedeno odborně specializovanou firmou, aby nedocházelo k zatížení životního prostředí. Ryby byly chované při světelném režimu 12 hodin světla: 12 hodin tmy s intenzitou světla 120 luxů dopadající na hladinu vody.

Všechny experimentální ryby bez ohledu na bikulturní či monokulturní testované skupiny byly krmeny jednotnou denní krmnou dávkou 2 % z biomasy ryb pomocí umělého peletovaného krmiva od firmy Biomar INICIO Plus s velikostí pelet 1,5–2 mm. Tyto velikosti pelet byly ze začátku míchané v poměru 1:1 a na závěr se používaly jen výhradně pelety velikosti 2 mm. Celou dobu experimentu bylo použité peletované krmivo obohacováno o vitamín C, A a E pomocí přípravku Vitamín C PG 100 % plv. v dávce 15 g.kg⁻¹ a přípravku Kombisol Multi sol. v dávce 15ml.kg⁻¹ s cílem podpořit kondici odchovávaných ryb, zvýšit jejich přežití a celkovou efektivitu chovu podle Policara a kol. (2021). Zmíněná krmná dávka byla rybám aplikována z 50 % ručně a z 50 % pomocí pásového krmítka (většinou v pozdější odpoledních a večerních hodinách) v průběhu světelné části dne.



Těsně před nasazením jednotlivých skupin bylo v jednotlivých nasazovaných nádržích v rámci každého rybochovného provozu celkem změřeno (TL a SL) a zváženo (W) 100 ks ryb u monokulturních obsádek a 50 ks ryb každého druhu u bikulturní obsádky. V tomto období byly také kompletně všechny ryb z jedné nádrže každé testované obsádky ryb u každého partnera projektu (monokultura okounka a monokultura candáta a bikultura smíšené obsádky okounka + candáta) zváženy (W) s cílem zjistit procentuální zastoupení jednotlivých hmotnostních skupin nasazovaných ryb v jednogramovém intervalu od 9 g do 16 g u okounka a od 8 do 18 g u candáta. Individuální vážení a měření ryb bylo provedeno podle metodického postupu uvedeného v kapitole 4 této zprávy.

V průběhu tohoto chovu byla v jednotlivých nádržích sledována denní mortalita ryb a zaznamenávána spotřeba aplikovaného krmiva. Na konci odchovu po 63 dnech odchovu došlo ke kontrolnímu měření (TL a SL) a vážení (W) reprezentativního vzorku 100 ks ryb v jednotlivých nádržích u monokulturních obsádky a 50 ks a 50 ks ryb jednotlivých druhů u bikulturní obsádky na obou pracovištích. Podobně jako na začátku experimentu i na konci experimentu byly zváženy všechny ryby v jedné nádrži (v jednom opakování) dané testované obsádky odchovaných ryb u každého partnera. Cílem této aktivity bylo zjistit rozrůstání ryb v průběhu odchovu a procentuální zastoupení jednotlivých hmotnostních skupin odchovaných ryb u obou druhů v jednogramovém intervalu od 14 g do 39 g u okounka pstruhového a od 11 g do 73 g u candáta obecného na konci odchovu. Dále v jednotlivých nádržích byl zjištěn počet všech přeživších ryb a zvážena byla celková biomasa jednotlivých druhů odchovaných v dané nádrži. Díky zjištěným biometrickým ukazatelům ryb na začátku a na konci adaptace, aplikovanému množství krmiva, počtu přeživších ryb a jejich finální biomase došlo následně na konci této aktivity k výpočtu produkčních ukazatelů jako je: Fultonův kondiční koeficient (FK), specifická rychlost růstu (SGR v $\% \cdot d^{-1}$), přežití ryb (P v %), míra kanibalismu (K v %), a koeficient konverze krmiva (FCR v $g \cdot g^{-1}$) podle uvedených vzorečků a metodiky v kapitole 4 této zprávy.

Výsledky získané ve třech experimentálních testovaných skupinách byly postupně matematicko-statisticky zpracovány. Všechny získané hodnoty jsou v této zprávě uvedeny jako průměrné hodnoty $\pm$ směrodatné odchylky. Statistické vyhodnocení těchto výsledků bylo provedeno v programu Statistika pomocí jedno-faktorové ANOVY a T-testu. Výsledky mezi skupinami byly porovnány a hodnoceny na hladině významnosti $p < 0,05$.

6.2 Výsledky

V průběhu sledovaného odchovu monokulturních a bikulturních obsádek okounka pstruhového a candáta obecného bylo zajímavé pozorovat rozdílné chování u obou druhů ryb v daných obsádkách. Již po několika dnech odchovu bylo zřejmé, že oba druhy typicky využívají různý prostor v odchovných nádržích. Okounek pstruhový častěji využíval spíše prostor u hladiny v nádrži a candát obecný se spíše držel u dna či v nižších partiích daných nádržích. Z chování candáta obecného, jeho prosperity vzhledem k jeho růstu a efektivnějšímu využívání krmiva bylo zřejmé, že především jeho bikulturní chov společně s okounkem pstruhovým ho významně pozitivně ovlivňuje v jeho produkci. Candáti v rámci bikulturních obsádek byli méně plaší, lépe přijímali krmivo a lépe využívali střední prostor v nádržích. Toto změněné chování oproti monokulturním obsádkám candátů, kdy ryby spíše využívaly dno a nižší partie nádrží, bylo způsobené tím, že okounci plavali v horních částech nádrže u hladiny vody a tím kryli candáty. Ti potom byli klidnější a pravděpodobně trpěli méně stresem, lépe přijímali krmivo, které i lépe využívali. Dokonce je i vysoce pravděpodobné, že candáti využívali část



předkládaného krmiva na úkor společně chovaných okounků pstruhových, což ovšem při společném odchovu v jedné nádrži nebylo možné zjistit.

Ze sumárních produkčních výsledků uvedených v Tab. 6 vyplývá, že statisticky průkazně nejvyššího růstu (hodnot SGR) dosáhli candáti v bikulturní obsádce, kde byli chováni s okounky. Naopak nejnižšího růstu bylo dosaženo u okounků jak ve zmíněné bikulturní, tak i monokulturní obsádce. Z těchto výsledků je možné usuzovat, že candát neměl výrazně negativní vliv na okounka v bikulturní obsádce ale obecně, že okounek má v porovnání s candátem v daném věku a použitých podmínkách prostředí nižší potenciál v růstu.

Podobných výsledků jako u SGR bylo dosaženo také u FCR, které charakterizuje konverzi předkládaných krmiv odchovávanými rybami. V rámci vyhodnoceného FCR byla zjištěna statisticky nejlepší konverze krmiv u candáta obecného ($0,73 \text{ g.g}^{-1}$) chovaného v bikultuře s okounkem pstruhovým, který vykazoval podobně jako okounek chovaný v monokultuře nižší konverzi živin ($1,44\text{--}1,48 \text{ g.g}^{-1}$). Vedle těchto výsledků je možné konstatovat, že candát chovaný v monokultuře vykazoval statisticky lepší konverzi krmiva, než byla zjištěna u okounka pstruhového jak v monokultuře, tak i bikultuře. Ovšem tento koeficient konverze u monokulturního candáta nebyla statisticky rozdílná od žádné jiné testované skupiny odchovávaných ryb.

Statisticky vyšší Fultonův kondiční koeficient byl zjištěn na konci odchovu u obou skupin (monokulturní a bikulturní obsádky) okounka pstruhového ($1,09$) oproti odchovaným dvěma obsádkám candáta obecného ($0,74\text{--}0,78$). Pravděpodobně tyto výsledky nesouvisí se špatnou kondicí odchovaných candátů, ale spíše s rozdílnou stavbou těla u obou testovaných druhů ryb. Okounek pstruhový je vůči candátovi vyššího tělesného rámce a candát je naopak štíhlejší s protáhlým tělem. Toto tvrzení je podpořeno i faktem, že odchovaní candáti měli velmi dobrou kondici a po ukončení této aktivity projektu se velmi efektivně dále využili v dalších intenzivních chovech ryb na FROV JU v rámci výuky všech stupňů studentů (bakaláři, magistři a Ph.D. studenti).

Na konci odchovu byla zjištěna velmi vysoká míra přežití u obou testovaných druhů ryb v obou testovaných obsádkách od $98,61\text{--}99,99 \%$. Vývoj přežití v průběhu odchovu je znázorněn v Grafu 1. Je pravdou, že statistické porovnání míry přežití odhalilo nižší míru přežití u obou odchovávaných obsádek candáta obecného ($98,61\text{--}98,63 \%$) oproti excelentnímu přežití u okounka pstruhového ($99,95\text{--}99,99 \%$). Opět bylo potvrzeno, že okounek pstruhový je velmi odolným druhem ryby, který bez problémů dosahuje vysoké míry přežití blížící se stoprocentnímu přežití. Intenzivní chov okounka je zatížen jen ojedinělými úhyny odchovávaných ryb.

Na konci odchovu u obou druhů ryb byla zjištěna nulová míra kanibalismu, která charakterizovala velmi dobře a precizně roztříděné experimentální ryby obou využitých druhů na začátku experimentu. Nulová míra kanibalismu potvrdila vysokou úspěšnost daného testovaného chovu obou obsádek ryb. Míra kanibalismu nebyla ani negativně ovlivněna v průběhu odchovu postupným rozrůstáním odchovávaných ryb obou druhů v obou testovaných obsádkách, které je znázorněné v Grafech 2 a 3.



Tab. 6. Biometrické parametry (TL, SL, W, FK) candáta obecného (*Sander lucioperca*) a okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) na začátku a na konci experimentu včetně jejich produkčních ukazatelů (SGR, FCR, míry přežití a kanibalismu) po 63denním odchovu v jejich bikulturních a monokulturních obsádkách.

Hlavní parametry	Monokulturní okounek	Bikulturní okounek	Monokulturní candát	Bikulturní candát
Počáteční				
TL (mm)	103,8 ± 3,5 ^b	103,8 ± 3,5 ^b	121,7 ± 5,5 ^a	121,7 ± 5,5 ^a
SL (mm)	86,8 ± 5,5 ^b	86,8 ± 5,5 ^b	102,91 ± 4,88 ^a	102,91 ± 4,88 ^a
W _{prům.} (g)	12,5 ± 2,5 ^a	12,5 ± 2,5 ^a	12,2 ± 1,90 ^a	12,2 ± 1,90 ^a
W _{min} (g)	9,00	9,00	9,00	8,50
W _{max} (g)	16,0	16,0	16,80	17,60
FK	1,1 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^a
Konečný				
TL (mm)	131,95 ± 7,49 ^c	132,43 ± 7,39 ^c	160,94 ± 11,51 ^b	172,53 ± 11,52 ^a
SL (mm)	109,60 ± 6,32 ^c	110,80 ± 6,34 ^c	138,25 ± 10,76 ^b	147,55 ± 10,89 ^a
W _{prům.} (g)	25,36 ± 4,55 ^c	25,39 ± 4,37 ^c	31,29 ± 7,62 ^b	40,92 ± 9,40 ^a
W _{min} (g)	12,1	11,1	11,40	12,70
W _{max} (g)	39,00	36,0	63,00	78,10
FK	1,09 ± 0,04 ^a	1,09 ± 0,04 ^a	0,74 ± 0,05 ^b	0,78 ± 0,05 ^c
SGR (%.d ⁻¹)	1,28 ± 0,36 ^c	1,20 ± 0,27 ^c	1,54 ± 0,48 ^b	1,88 ± 0,43 ^a
FCR (kg.kg ⁻¹)	1,48 ± 0,29 ^a	1,44 ± 0,21 ^a	1,03 ± 0,02 ^{ab}	0,73 ± 0,01 ^b
Přežití (%)	99,99 ± 0,03 ^a	99,95 ± 0,05 ^a	98,61 ± 1,30 ^b	98,63 ± 1,23 ^b
Míra kanibalismu (%)	0	0	0	0

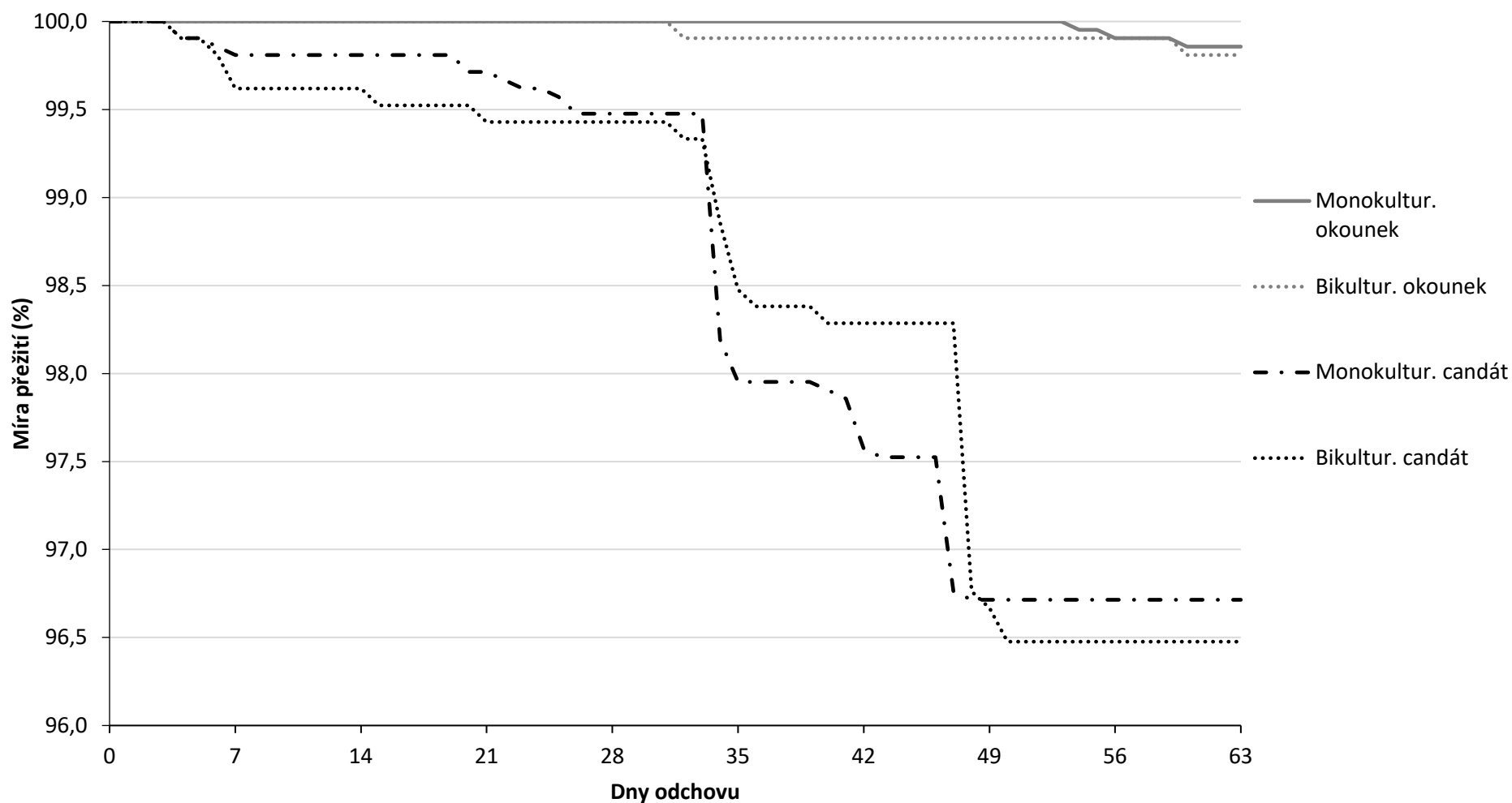


EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

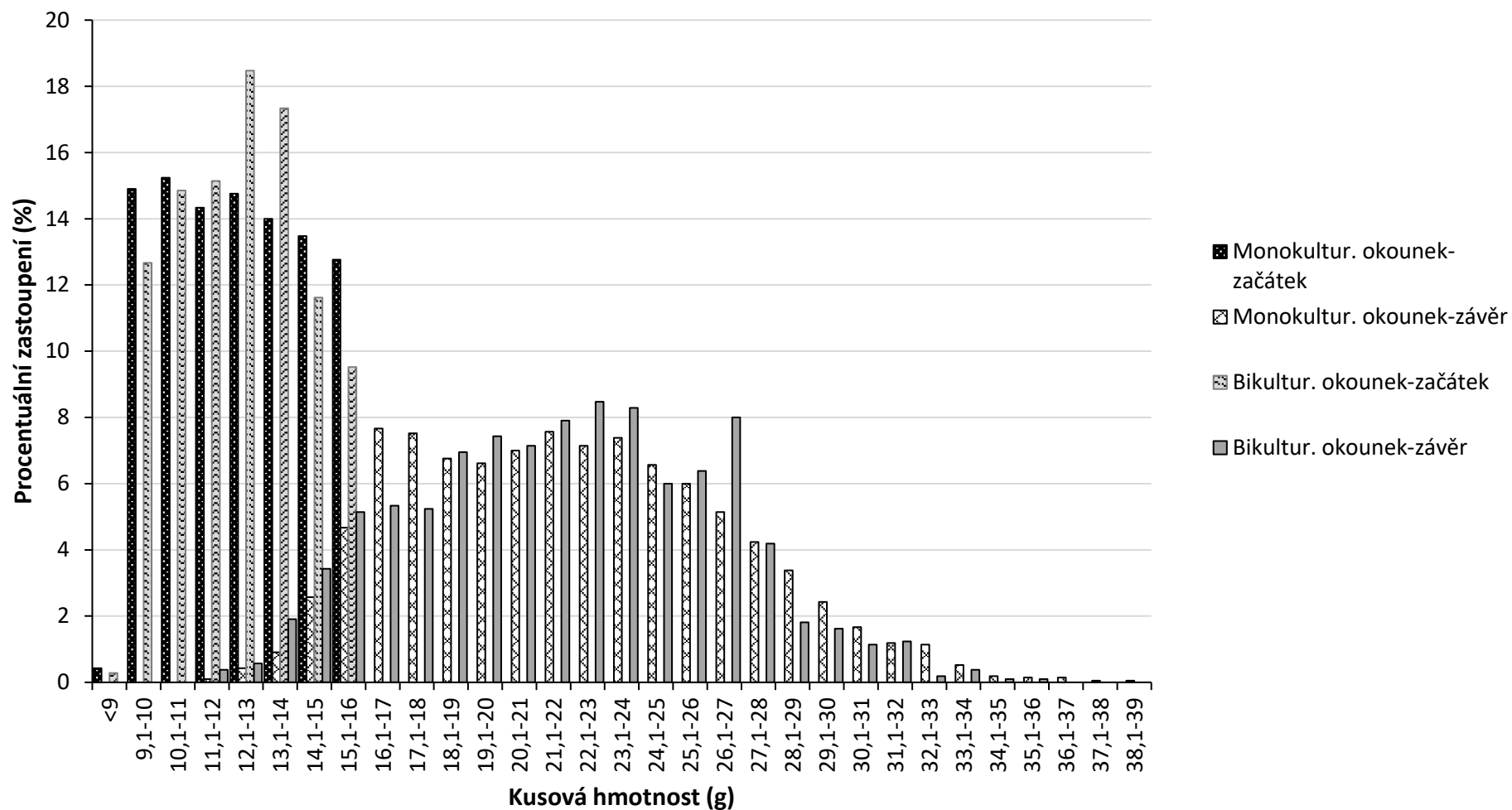
Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic



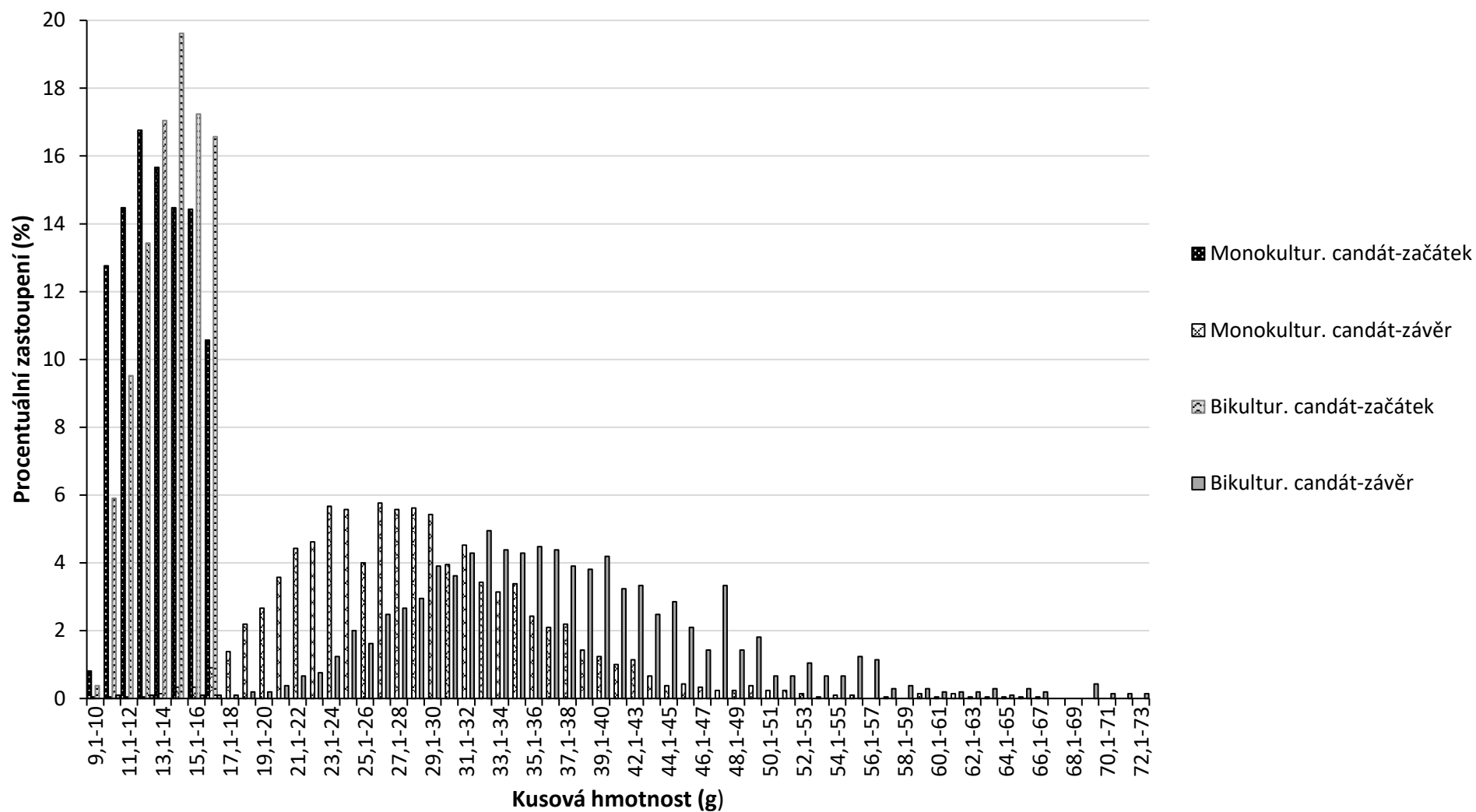
Graf 1. Míra přežití u jednotlivých testovaných monokulturních a bikulturních obsádek okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a candáta obecného (*Sander lucioperca*) na konci 63denního experimentu.



Ze zmíněných grafů 2 a 3 vyplývá, že u okouna pstruhového se více rozrůstaly monokulturní obsádky, v kterých okounci na konci odchovu dosahovali hmotnostního rozptylu od 12,1 do 39 gramů, tedy byl dosažen 26,9 gramový rozdíl v kusové hmotnosti nejmenšího jedince po největšího. U této obsádky okounka nejvíce zastoupenými hmotnostními skupinami ryb při tomto odchovu byly ryby s kusovou hmotností od 16,1 do 26,0 gramů. U bikulturní obsádky okounka bylo dosaženo nižšího rozrůstání obsádky ryb, kdy odchovaní jedinci dosáhli rozptylu od 11,1 do 36 gramů s celkově 24,9 gramovým rozdílem v kusové hmotnosti nejmenšího a největšího odchovaného jedince. V takovýchto obsádkách nejvíce zastoupení okounci pstruhový dosahovali kusové hmotnosti od 18,1 do 27 gramů. Ovšem u candáta obecného bylo zjištěno daleko výraznější rozrůstání ryb, než tomu bylo u okounka pstruhového bez ohledu na typ zvolené obsádky. Je však pravdou, že odchovaní candáti v bikulturní obsádce dosáhli vyšší míry rozrůstání oproti candátům v monokulturní obsádce. V bikulturní obsádce candáta byly na konci odchovu zaznamenávány ryby s kusovou hmotností od 10,1 do 73 gramů. Kdy kusový rozdíl v hmotnosti mezi nejmenšími odchovanými jedinci a největšími rybami činil 62,9 gramů. Nejvíce zastoupených candátů v bikulturní obsádkách bylo od kusové hmotnosti 29,1 až do 40 gramů. Nepatrně nižší, ale vzhledem k oběma obsádkám okounka pstruhového stále podstatně vyšší rozrůstání bylo zaznamenáno u monokulturních candátů, kteří dosáhli na konci odchovu rozptylu kusové hmotnosti od 9,1 až do 67 gramů. V tomto typu obsádky byly nejvíce zastoupeny ryby v kusové hmotnosti od 21,1 do 32 gramů, kdy rozdíl mezi nejmenšími a největšími rybami byl zaznamenán na úrovni 57,9 gramů. Větší rozrůstání candátů oproti okounkům určitě souvisí se statisticky vyšší zjištěnou rychlostí růstu a pravděpodobně i vyšší potencionálem v růstu candátů oproti chovaným okounkům (Graf 2 a 3).



Graf 2. Procentuální zastoupení jedinců v monokulturních a bikulturních obsádkách na začátku a na konci 63denního experimentu u ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) rozdělených do hmotnostních kategorií v jednogramovém intervalu od 9 do 39 g.



Graf 3. Procentuální zastoupení jedinců v monokulturních a bikulturních obsádkách na začátku a na konci 63denního experimentu u ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*) rozdělených do hmotnostních kategorií v jednogramovém intervalu od 9 do 73 g.



6.3 Závěr

Při testování a porovnávání efektivity chovu okounka pstruhového a candáta obecného v monokultuře či bikultuře se společným chovem okounka s candátem bylo zjištěno, že okounek pstruhový v obou testovaných obsádkách vykazuje nižší růst, nižší rozrůstání chovaných ryb a nižší konverzi krmiva. Naopak okounek v obou obsádkách dosahuje vyšší míry finálního přežití a vyššího Fultonova kondičního koeficientu oproti porovnávaným oběma chovaným obsádkám candáta obecného. Obecně lze konstatovat, že okounek dosahuje excelentního přežití při odchovu, které se často blíží stoprocentnímu přežití ryb. Avšak jeho růst nedosahuje očekávané rychlosti, což bylo v této zprávě potvrzeno i v poslední aktivitě tohoto projektu. Snížený růst okounka chovaného v ČR je pravděpodobně způsoben vysokým stupněm inbreedingu, jelikož v ČR se dlouhodobě chová jen malé omezené množství ryb tohoto druhu, které do ČR byly introdukované před více jak 30–50 lety.

Použitá literatura:

- Polícar, T., Kříšťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany 141: 46 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Mráz, J., Velíšek, J., Stará, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svačina, P., Samarin, A. M., 2016. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquaculture International*, 24: 1607 – 1626.
- Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Malinovskyi, O., Vaniš, J., 2017. Může být kombinace rybničního a intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) úspěšně využita v rámci českého produkčního rybářství? In: Urbánek, M. (ed.): 4. ročník odborné konference Rybářské sdružení České republiky. Sborník referátů z odborné konference, České Budějovice 9. – 10. února 2017, 33 – 41.
- Polícar T., Kříšťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, 169: 54 s.
- Polícar T., Kolářová J., T. Pěnka, 2021. Optimalizace provozu RAS dánského typu zajišťující zvýšenou a kvalitní produkci lososovitých ryb. Technická zpráva z inovačního projektu OP Rybářství č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000773, FROV JU, 70 s.

7 Vliv světelného režimu na efektivitu intenzivního chovu a fyziologický stav okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v podmínkách RAS

7.1 Materiál a metodika

Od 9.1.2020 do 13.1.2020 došlo na obou partnerských pracovištích k přesunu a třídění experimentálních ryb okounka pstruhového k dalšímu experimentu, který se týkal optimalizace světelného režimu při jeho intenzivním chovu. Současně v tomto období na obou



pracovištích došlo k vyčištění a dezinfekci odchovných nádrží a využívaných RAS s cílem vše pečlivě připravit na zmíněný nově zahajovaný experiment.

K experimentu na obou pracovištích bylo použito celkem 12 475 jedinců juvenilních ryb okounka pstruhového, které pocházely z předchozího experimentu a ze zásobní kultury ryb chované v podniku NDCon s.r.o. Všechny ryby byly v rámci obou pracovišť promíchané. Následně bylo provedeno pečlivé rozřídění ryb se snahou nasadit do tohoto experimentu ryby vyrovnané a kvalitní. Dne 13.1.2020 bylo na FROV JU nasazeno celkem 3 675 ryb, které byly rozděleny do 15 stejných nádrží využívaných v předchozích aktivitách – experimentech o objemu 307 litrů. Na jednu nádrž bylo nasazeno 245 okounků pstruhových. Ve stejný den byly na partnerském pracovišti NDCon s.r.o. také nasazeny experimentální ryby (celkem 8 800 ks) do 10 tamních malých nádrží o objemu 1100 litrů (880 ks na jednu nádrž), které byly už využívané v předchozích částech projektu. Ryby byly na obou pracovištích do všech nádrží vysazované ve vyrovnaných velikostech s počátečními biometrickými údaji: TL = $143,9 \pm 6,42$ mm a W = $33,22 \pm 4,68$ g. Jako počáteční hustota ryb byla zvolena hustota 0,8 ks. l⁻¹ nebo-li 26,55 kg.m⁻³. Zbylé ryby (celkem 1366 ks), které nebyly do tohoto experimentu zařazeny, byly na pracovišti NDCon s.r.o. dále odchováány ve dvou malých odchovných nádrží o objemu 880 litrů (nasazeno bylo 683 ks na jednu nádrž) s počáteční hustotou 0,78 ks.l⁻¹ neboli 27,8 kg.m⁻³.

Tento experiment trval 140 dní od 14.1.2020 do 3.6.2020, při kterém byl testován vliv pěti různých světelných režimů v průběhu dne (24 hodin): 8 L (Light = světlo):16D (Dark = tma); 12L:12D; 16L:8D; 20L:4D and 24L:0D (kontinuální osvětlení) na efektivitu intenzivního chovu a fyziologický stav okounka pstruhového. Tento světelný režim byl realizován pomocí LED přenosných světel s příkonem 18 W Tommi LFL – CL 600 od firmy Tommi CZ s.r.o. z České republiky. Zmíněná světla byla nainstalována cca 10 cm nad hranou odchovných nádrží (cca 20–30 cm nad hladinou vody) a řízena automatickým časovačem podle zvoleného světelného režimu s intenzitou světla dopadajícího na hladinu vody v každé nádrži na úrovni 120 luxů.

Na FROV JU byl každý režim testován ve třech opakováních (celkem použito 15 nádrží). Na pracovišti NDCon s.r.o. byl každý režim z důvodu nedostatečného počtu nádrží testován jen ve dvou opakováních. Ovšem na tomto pracovišti byly využité větší nádrže, které měly větší vypovídající schopnost vzhledem testovanému vlivu světelného režimu na intenzivní chov okounka pstruhového. Celkově lze opakování jednotlivých světelných režimů považovat za výborné z hlediska statistického zpracování, jelikož každý režim byl testován celkem v pět opakování.

V průběhu odchovu se udržovaly následující parametry kvality vody jako je: teplota vody ($24,2 \pm 1,1$ °C), obsah rozpuštěného kyslíku ($104,0 \pm 5,0$ %) a pH ($6,79 \pm 0,24$), koncentrace celkového amoniaku ($0,16 \pm 0,08$ mg.l⁻¹) a dusitanů ($0,21 \pm 0,07$ mg.l⁻¹), všechny tyto parametry kvality vody byly měřeny stejným způsobem, jako v kapitole 6 této zprávy.

Experimentální ryby všech skupin byly krmeny ručně v jednodinovém intervalu od 8:00 do 14:00 a skupiny se světelným režimem 16L:8D, 20L:4D a 20L:0D ještě stejným způsobem krmení a intervalem od 17:00 do 20:00 s jednotnou denní krmnou dávkou 1 % z biomasy ryb. Denní krmná dávka byla aktualizována podle aktuálně zjištěné biomasy ryb z každé nádrže při přelovení ryb v 28denních intervalech v průběhu celého odchovu. Ryby byly krmené pomocí umělého peletovaného plovoucího krmiva od firmy Skretting Europa F-15 s velikostí pelet 2 mm. Nutriční složení tohoto krmiva je uvedeno v Tab. 7. Po celou dobu experimentu bylo použité peletované krmivo ve všech experimentálních skupinách obohacováno o vitamín C, A a E pomocí přípravku Vitamín C PG 100 % plv. podobně jako při aktivitě 6 této zprávy s cílem



podpořit kondici odchovávaných ryb, zvýšit jejich přežití a celkovou efektivitu chovu podle Policara a kol. (2021).

Tab. 7. Nutriční složení použitého krmiva od firmy Skretting Europa F-15 při testování vlivu světelného režimu na efektivitu intenzivním chovu juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) podmínkách RAS.

Ukazatel	Skretting Europa F-15
Velikost částic (mm)	2
Bílkoviny (%)	55,0
Tuk (%)	16,0
Uhlohydráty (NFE %)	16,5
Vláknina (%)	0,6
Popeloviny (%)	10,0
Stravitelná energie (MJ.kg ⁻¹)	19,4

7.1.1 Stanovení produkčních ukazatelů

Těsně před nasazením jednotlivých skupin bylo v rámci každého rybochovného provozu celkem změřeno (TL) a zváženo (W) 300 ks ryb. Individuální vážení a měření ryb bylo provedeno podle metodického postupu uvedeného v kapitole 4 této zprávy.

V průběhu tohoto chovu byla v jednotlivých nádržích sledována denní mortalita ryb a zaznamenávána skutečná spotřeba aplikovaného krmiva. Pro tyto účely bylo zjišťované množství nespotečbovaného krmiva, které i po 45 minutách po nakrmení zůstalo na hladině. Takovéto peletované krmivo bylo sesbíráno a byly postupně spočítány všechny nezkonsumované pelety. Následně bylo individuálně zváženo 500 ks suchých pelet používaného krmiva pomocí analytické váhy (KERN-ABT 220-SDM od firmy KERN & SOHN GmbH, Německo) s přesností na 0,1 mg. Finálně byla zjištěna průměrná hmotnost jedné pelety. Z počtu sesbíraných zbylých pelet a průměrné hmotnosti jedné pelety bylo zjištěno množství nezkonsumovaného krmiva za jeden den a toto množství bylo odečteno od celkové denní krmné dávky. Tato upravená krmná dávka o nespotečbované krmivo byla následně použita pro výpočet koeficientu konverze krmiva (FCR).

Na konci celého odchovu po 140 dnech došlo ke kontrolnímu měření (TL) a vážení (W) reprezentativního vzorku 100 ks ryb v jednotlivých nádržích každé experimentální skupiny na obou pracovištích. Dále v jednotlivých nádržích byl zjištěn počet všech přeživších ryb a zvážena jejich celková biomasa. Díky zjištěným biometrickým ukazatelům ryb na začátku a na konci adaptace, spotřebovaného množství krmiva, počtu přeživších ryb a jejich finální biomase došlo následně na konci této aktivity k výpočtu produkčních ukazatelů jako je: Fultonův kondiční koeficient (FK), specifická rychlost růstu (SGR v %·d⁻¹), přežití ryb (P v %), míra kanibalismu (K v %), a koeficient konverze krmiva (FCR v g·g⁻¹) dle uvedených vzorečků a metodiky v kapitole 4 této zprávy.

7.1.2 Stanovení hematologických parametrů nativní krve a biochemického profilu krevní plazmy

Na konci tohoto 140denního chovu bylo z každé experimentální testované skupiny na FROV JU použito 6 ks odchovaných ryb k odběru 1–2 ml krve pro hematologický a biochemický profil nativní krve.



Krev byla odebrána z ocasních cév dané ryby do heparinizovaného odběrového materiálu (pro stabilizaci 1 ml krve ryb bylo použito 0,01 ml přípravku Heparin Léčiva v injekčním roztoku 1x10 ml od firmy Zentiva, a. s., Česká republika). Část krve byla využita na stanovení hematologického profilu ihned po odběru krve a v tomto případě bylo postupováno podle metodiky Svobodová a kol. (2012) a podle Piačková a kol. (2014). Z nativní krve byl proveden ihned po odběru nátěr pro následné stanovení celkového počtu bílých krvinek (WBC) a dále pak byl stanoven celkový počet červených krvinek (označovaný jako RBC = Red Blood Cells). Současně byla z nativní krve stanovena hematokritová hodnota (PCV) a množství hemoglobinu (Hb). Ze získaných hodnot pak byly vypočteny parametry charakterizující erytrocyty (střední objem erytrocytu = MCV, hemoglobin erytrocytu = MCH a střední barevná koncentrace erytrocytu = MCHC).

Ze zmíněných vzorků krve od 6 odchovaných ryb z každé experimentální skupiny byla vedle hematologického profilu ještě získána krevní plazma pro biochemické vyšetření krevní plazmy. V tomto případě heparinizovaná krev byla odstředěna při 4000 otáčkách po dobu 10 min pomocí centrifugy (MPW 55, MPW Instruments, Polsko). Krevní plazma byla odsáta a uložena v mrazáku do teploty -80 °C pro následné biochemické vyšetření.

Při stanovení biochemického profilu krve bylo postupováno podle metodiky Kolářová a Velíšek (2012). Měření biochemických parametrů bylo provedeno na biochemickém analyzátoru VETTEST 8008 s cílem stanovit parametry charakterizující případné zánětlivé procesy (GLOB – globuliny), poškození jater (GLU – glukóza, TP – celkové bílkoviny, ALB – albuminy, AST – asparát aminotransferáza, TRIG – triglyceridy, ALPK – alkalická fosfatáza, ALT – alanin aminotransferáza, NH₃ – amoniak, LDH – laktát dehydrogenáza), poškození ledvin (TP – celkové bílkoviny, ALB – albuminy, Ca – vápník, PHOS – fosfor) a na vyšší zátěž organismu (GLOB – globuliny, NH₃ – amoniak, CK – kreatinkináza, LACT – laktát).

7.1.3 Stanovení tělesných indexů, úrovně oxidativního stresu a hladiny antioxidantních enzymů

Po odběru krve byly použité experimentální ryby humánně usmrceny dle zásad welfare. Z usmrcených ryb byly vypreparovány a zváženy vybrané orgány jako jsou: játra, gonády, slezina a tuk z dutiny břišní s přesností na 0,1mg pomocí váhy KERN-ABT 220-SDM od firmy KERN & SOHN GmbH (Německo).

Ze získaných dat byly po ukončeném experimentu vypočítány následující tělesné indexy prezentující procentní podíly hmotnosti vybraných orgánů a tělního tuku k celkové hmotnosti odchovaných ryb podle uvedených vzorců:

HIS (%) = Hepato-Somatic Index = hmotnostní podíl jater = $(W_{\text{jater}}/W) \times 100$

GSI (%) = Gonado-Somatic Index = hmotnostní podíl gonád = $(W_{\text{gonád}}/W) \times 100$

SSI (%) = Spleen-Somatic Index = hmotnostní podíl sleziny = $(W_{\text{sleziny}}/W) \times 100$

FSI (%) = Fat-Somatic Index = hmotnostní podíl tuku = $(W_{\text{tuku}}/W) \times 100$

Po stanovení zmíněných tělesných indexů byla játra ještě použita pro stanovení úrovně oxidativního stresu a hladiny antioxidantních enzymů u odchovaných ryb v rámci jednotlivých skupin. U všech šesti čerstvě usmrcených ryb z každé experimentální skupiny byly pro stanovení úrovně oxidativního stresu a hladiny antioxidantních enzymů ještě dále odebrány vzorky mozku, žaber, ledvin, střeva a svalů.

Tyto vzorky byly odděleně umístěny do sterilních zkumavek Eppendorf a uloženy při teplotě -80 °C. Tyto tkáně byly následně použity pro analýzu oxidativního stresu jako je: hladina reaktivních látek s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) a pro analýzu koncentrace antioxidantů



jako je: superoxiddismutáza (SOD; EC 1.15.1.1), kataláza (CAT; EC 1.11.1.6), glutathion S-transferáza (GST; EC 2.5.1.18) a redukovaný glutathion (GSH).

Před zmíněnými analýzami zmrazené vzorky tkáně byly homogenizovány ve fosfátovém PBS pufru (0,8 % NaCl, 0,02 % KCl, 0,29 % $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 0,02 % KH_2PO_4 v deionizované vodě při pH 7,2). Množství tkáně navážené na objemový pufr = 1 ml pufru na 100 mg tkáně. Tkáně byly homogenizovány v kulovém homogenizátoru (TissueLyser II, QIAGEN®) a homogenizace přípravku musela být provedena vždy na ledu (přibližně 5 minut). Dále byly vzorky centrifugovány podle použité testovací metody:

- TBARS – bez centrifugace,
- CAT, SOD – centrifugace po dobu 30 minut při 30 000 otáčkách za minutu a při 4 °C,
- GST, GSH – centrifugace po dobu 15 minut při 10 000 otáčkách za minutu a při 4 °C.

Jednotlivé testy byly upraveny pro použití na mikrodestičkovém spektrofotometru Infinite M200 (TECAN Austria GmbH).

Aktivita SOD byla stanovena podle metody založené na inhibici redukce NBT (nitrotetrazoliová modř) a produkci superoxidů pomocí NADH a PMS (fenazin methosulfát) při nekyselém pH (Ewing a Janero, 1995). Pokles rychlosti tohoto produktu byl měřen spektrofotometricky při 560 nm. Specifická aktivita SOD byla vyjádřena jako nmolů NBT za minutu na mg proteinu.

Aktivita CAT byla stanovena podle metody založené na spektrofotometrickém měření rychlosti zmizení H_2O_2 (peroxid vodíku) katalázou (Aebi, 1984). Absorbance byla měřena při 240 nm a specifická aktivita CAT byla vyjádřena jako $\mu\text{moly H}_2\text{O}_2$ za minutu na mg proteinu.

Aktivita GST (glutathion S-transferázy) byla měřena spektrofotometricky s použitím 50 mM CDNB (1-chlor-2,4-dinitrobenzenu) jako substrátu a 10 mM GSH v PBS (pH 7,2) (Habig a kol., 1974). Absorbance byla měřena při 340 nm. Specifická aktivita GST byla vyjádřena jako nmol formovaného produktu za minutu na miligramový protein.

Koncentrace GSH byla stanovena podle metody za použití DTNB (5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoové kyseliny) jako substrátu (Ellmann, 1959). DTNB interaguje s -SH skupinami GSH ve vzorcích bez bílkovin a tvoří měřitelný červeně zbarvený komplex. Absorbance konjugátu GSH-DTNB byla měřena při 420/680 nm a koncentrace (nmol GSH / mg proteinu) byly vypočteny podle standardní kalibrace.

Hladina reaktivních látek s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) byla stanovena podle Uchiama a Mihara (1978). TBARS je schopna reagovat s produkty peroxidace lipidů a generovat spektrofotometricky měřené barevné TBARS (reaktivní látky s kyselinou thiobarbiturovou). Absorbance TBARS byla měřena při 550 nm a koncentrace (nmol TBARS / mg proteinu) byly vypočteny podle standardní kalibrace generované pomocí MDA (malondialdehyd).

7.1.4 Statistické zpracování výsledků

Výsledky získané ve všech experimentálních skupinách byly postupně matematicko-statisticky zpracovány. Všechny získané hodnoty a parametry jsou uvedeny jako průměrné hodnoty $\pm$ směrodatná odchylka. Statisticky byla data analyzována programem Statistica verze 13 (StatSoft, Inc., Česká republika). Před statistickou analýzou bylo normální rozdělení dat zkontrolováno Shapiro-Wilkovým testem a data byla v případě potřeby logaritmicky transformována. Následně byla data analyzována jednocestnou analýzou rozptylu (ANOVA) Tukeyho test s cílem vyhodnotit vliv světelného režimu (v podobně rozdílů mezi experimentálními skupinami) na produkční ukazatele, tělesné indexy, biochemický



a hematologický profil krevní plazmy a následně na úroveň oxidativního stresu a produkce antioxidantních enzymů.

7.2 Výsledky

7.2.1 Vliv světelného režimu na produkční parametry

Produkční parametry z jednotlivých experimentálních skupin jsou sumarizovány v Tab. 8, z které vyplývá že nejvyšších tělesných rozměrů ($TL = 76,8$ mm a $W = 76,8$ g) a tedy i růstu ($SGR = 0,6 \text{ \%} \cdot d^{-1}$) dosáhly ryby ze skupiny 8L:16D. Naopak nejnižší růst ($SGR = 0,48\text{--}0,49 \text{ \%} \cdot d^{-1}$) byl dosažen u ryb ze skupin 12L:12D a 16L:8D. Se zmíněným růstem daných skupin také souvisí dosažená konečná biomasa odchovaných ryb, která byla nejvyšší ($61,4 \text{ kg} \cdot m^{-3}$) u skupiny 8L:16D a nejnižší ($51,1\text{--}52,9 \text{ kg} \cdot m^{-3}$) u skupin 12L:12D a 8L:16D. U skupiny 8L:16D byl zjištěn statisticky nejnižší koeficient konverze krmiva (FCR), který poukázal na nejvyšší konverzi předkládaných krmiv. U ostatních produkčních ukazatelů (jako bylo velmi vysoké přežití 98–100 %, nulová míra kanibalismu a dobrý Fultonův koeficient) nebyly prokázány statistické rozdíly mezi testovanými skupinami. Z hlediska růstu ryb a biomasy a vysoké konverze krmiva byla jako za nejefektivnější skupinu označena skupina 8L:16D (Tab. 8).

7.2.2 Vliv světelného režimu na hematologický a biochemický profil v krevní plazmě

Hematologické parametry krve odchovaných ryb okounka pstruhového v jednotlivých skupinách jsou uvedeny v Tab. 9. Ze zmíněné tabulky vyplývá, že ryby ve skupině 12L:12D měly statisticky nejnižší počet bílých krvinek a nejnižší koncentrace hemoglobinu, což mohlo souviset se špatnou krvetvorbou a sníženou imunitou ryb. Dále snížené hodnoty objemu erytrocytů (MCV) a hemoglobinu erytrocytů (MCH) byly zjištěny u skupin 20L:4D. U skupiny 24L:0D byla zjištěna snížená střední barevná koncentrace erytrocytů (MCHC). Podobně jako u produkčních ukazatelů i u hematologického profilu nejlépe vycházely z analýz ryby chované ve skupině 8L:16D.

Biochemické parametry krevní plazmy jsou sumarizovány v Tab. 10. Všechny biochemické parametry kromě amoniaku (NH_3), triglyceridů (TRIG), kreatinkinázy (CK), vápníku (Ca) a laktátu (LACT) byly naměřené ve všech testovaných experimentálních skupinách v běžných fyziologických koncentracích, které jsou typické pro ostnoploutvé ryby (Tab. 10).

Avšak u amoniaku byla statisticky průkazně zjištěna vyšší koncentrace u skupin s nejdelším světelným režimem (20L:4D a 24L:0D). Tyto skupiny pravděpodobně u ryb způsobily poruchy v činnosti jater a metabolické defekty amoniaku v Krebsově cyklu.

Obecně vyšší koncentrace triglyceridů byly zjištěny u všech testovaných experimentálních skupin intenzivně odchovávaného okounka pstruhového bez rozdílů mezi skupinami. Toto zjištění pravděpodobně souvisí s obecnými poruchami dusíkatého metabolismu u intenzivně chovaného okounka pstruhového, kterému pravděpodobně plně fyziologicky a nutričně nevyhovovalo předkládané peletované krmivo „Europa F-15“ od firmy Skretting.

U skupiny s nepřetržitým a kontinuálním světlem (24L:0D) byla zjištěna statisticky vyšší koncentrace kreatinkinázy (CK), která souvisí s vysokou svalovou námahou či s poškozením svaloviny ryb. Tento stav ryb ve zmíněné skupině pravděpodobně souvisel s kontinuálním nadměrným pohybem ryb při nepřetržitém osvětlení.

Tato skutečnost byla také potvrzena zjištěnou statisticky vyšší koncentrací laktátu ve skupině s nepřetržitým světlem (24L:0D), kdy zvýšená koncentrace laktátu v krevní plazmě také potvrzovala vyšší zátěž ryb, jejich svalovou únavu a látkovou acidózu v dané skupině oproti skupinám ostatním.



V rámci provedeného experimentu byla u všech skupin bez ohledu na testovaný světelný režim zjištěny nižší koncentrace vápníku (Ca) v krevní plazmě. Tento stav ryb pravděpodobně souvisel se začínajícím oslabením kosterního aparátu, se špatnou osmoregulací a změnami svalového metabolismu odchovávaných ryb v intenzivní akvakultuře či se začínajícím defektem ledvin daných ryb (Tab. 9).

Z těchto důvodů se zdají být skupiny s nepřetržitým nebo druhým nejdelším světelným režimem fyziologicky suboptimální pro intenzivně odchovávané ryby okounka pstruhového. Dá se předpokládat, že při využití těchto světelných podmínek ještě v delším odchovu zmíněného druhu může způsobit větší a prohlubující fyziologické problémy chovaných ryb. Z těchto důvodů skupiny 24L:0D a 20L:4D nedoporučujeme k aplikaci v rámci intenzivní akvakultury. Naopak nejlépe zase z analýz vycházela skupina 8L:16D a skupiny 12L:12D a 16L:8D.

7.2.3 Vliv světelného režimu na tělesné indexy odchovaných ryb

Konečné hodnoty tělesných indexů odchovaných ryb okounka pstruhového ve skupinách s různým světelným režimem jsou uvedeny v Tab. 11. Z výsledků vyplývá, že GSI obou pohlaví byl nejvyšší u ryb ze skupiny 8L:16D. V této skupině současně ryby měly i největší zastoupení tělního tuku v těle. Z těchto výsledků je patrné, že ryby v této skupině byly chované v podmínkách, které byly blízké přirozenému světelnému režimu. Takovýto režim potom u ryb podporoval přirozený vývoj gonád. Současně ryby při tomto nejkratším světelném režimu byly spíše klidnější, jelikož byly aktivní po nejkratší dobu v průběhu dne. Díky tomu ryby vytvářely větší zásoby tělního tuku při intenzivním chovu oproti jiným rybám, které byly po delší světelnou periodu aktivní. Ostatní tělesné indexy jako je HSI a SI byly u všech skupin stejné, což svědčí o tom, že rozdílný světelný režim neměl významný vliv na velikost jater a sleziny ryb.

7.2.4 Vliv světelného režimu na úroveň oxidativního stresu a produkci antioxidantních enzymů

Hodnoty popisující úroveň oxidativního stresu a produkce antioxidantních enzymů jsou sumarizovány v Tab. 12 pro játra, mozek a žábry a v Tab. 13 pro ledviny, střevo a sval. Z Tab. 12 je zřejmé, že ryby ze skupiny 8L:16D vykazovaly statisticky nižší úroveň oxidativního stresu v játrech, slezině a žábrech (nižší hodnoty TBARS = 0,32–1,15 nmol.mg⁻¹ proteinu) oproti skupinám 20L:4D a 20L:0D (vyšší hodnoty TBARS 4,34–4,81 nmol.mg⁻¹ proteinu). Z Tab. 12 a 13 je současně možné konstatovat, že ryby ze skupiny 8L:16D vykazovaly nižší koncentrace antioxidantních enzymů jako je: GSH a GST v játrech, GST v mozku a SOD v ledvinách oproti skupinám s dlouhým nebo delším světelným režimem (20L:4D a 20L:0D, respektive 16L:8D, 20L:4D a 20L:0D, respektive 12L:12D – 24L:0D). Z výše uvedeného zase vyplývá, že ryby ze skupiny s nejkratším světelným režimem (8L:16D) se vyznačovaly velmi nízkým oxidativním stresem a nízkou produkcí antioxidantních enzymů, což opět naznačuje, že tento světelný režim nejvíce fyziologicky vyhovuje intenzivně chovaným juvenilním rybám okounka pstruhového.



Tab. 8. Počáteční a konečná velikost, kondice, hustota biomasy, rychlost růstu, míra přežití a kanibalismu a koeficient konverze krmiva u juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivních podmínkách RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Světelný režim (h)	8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	F-statistika
Produkční parametr						
Počáteční hmotnost W (g)	33,2 ± 4,7 ^a	33,2 ± 4,7 ^a	33,2 ± 4,7 ^a	33,2 ± 4,7 ^a	33,2 ± 4,7 ^a	F(4, 10)=1,38; ns
Počáteční délka těla TL (mm)	143,9 ± 6,4 ^a	143,9 ± 6,4 ^a	143,9 ± 6,4 ^a	143,9 ± 6,4 ^a	143,9 ± 6,4 ^a	F(4, 10)=1,42; ns
Počáteční hustota biomasy (kg.m ⁻³)	26,55 ± 0,9 ^a	26,55 ± 1,1 ^a	26,55 ± 0,9 ^a	26,55 ± 1,2 ^a	26,55 ± 1,1 ^a	F(4, 10)=3,3079
Počáteční FK	1,11 ± 0,1 ^a	1,11 ± 0,1 ^a	1,11 ± 0,1 ^a	1,11 ± 0,1 ^a	1,11 ± 0,1 ^a	F(4, 150)=42,8; ns
Konečná hmotnost W (g)	76,8 ± 3,0^a	65,2 ± 1,8 ^b	66,1 ± 2,7 ^{ab}	70,9 ± 2,1 ^{ab}	67,9 ± 1,5 ^{ab}	F(4, 145)=3,68
Konečná délka těla TL (mm)	198,7 ± 2,4^a	181,0 ± 1,8 ^b	184,5 ± 3,6 ^{ab}	189,8 ± 1,40 ^{ab}	185,5 ± 2,01 ^{ab}	F(4, 145)=3,68
Konečný FK	0,98 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,1 ^a	1,05 ± 0,1 ^a	1,04 ± 0,1 ^a	1,06 ± 0,1 ^a	F(4, 150)=42,8; ns
Konečná hustota biomasy (kg.m ⁻³)	61,4 ± 5,5^a	51,1 ± 3,7^b	52,9 ± 4,2^b	56,7 ± 5,9 ^{ab}	53,8 ± 4,8 ^{ab}	F(4, 145)=3,33
SGR (%.day ⁻¹)	0,60 ± 0,04^a	0,48 ± 0,04^b	0,49 ± 0,05^b	0,54 ± 0,02 ^{ab}	0,51 ± 0,02 ^{ab}	F(4, 10)=4,90
Přežití (%)	100,0 ^a	98,0 ± 0,7 ^a	100,0 ^a	100,0 ^a	99,0 ± 1,0 ^a	F(4, 10)=3,00; ns
Míra kanibalismu (%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	F(4, 10)=3,00; ns
FCR (g.g ⁻¹)	0,98 ± 0,06^b	1,19 ± 0,08 ^a	1,12 ± 0,12^a	1,06 ± 0,08^a	1,12 ± 0,02^a	F(4, 10)=4,13

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



Tab. 9. Porovnání hematologických parametrů u juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivních podmínkách RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Světelný režim (h)	8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	F-statistika
Hematologický parametr						
WBC (G/l) <i>celkový počet bílých krvinek</i>	12,6 ± 2,69 ^a	9,17 ± 3,21^b	10,5 ± 2,54 ^{ab}	13,7 ± 2,38 ^a	12,3 ± 1,02 ^a	F(4, 25)=2,53; ns
RBC (T/l) <i>celkový počet erytrocytů</i>	1,87 ± 0,23 ^a	1,78 ± 0,43 ^a	1,85 ± 0,26 ^a	2,2 ± 0,37 ^a	1,76 ± 0,19 ^a	F(4, 25)=1,62; ns
PCV (l/l) <i>hematocrit</i>	0,35 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,02 ^a	0,36 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,03 ^a	0,36 ± 0,02 ^a	F(4, 25)=1,86; ns
Hb (g/l) <i>hemoglobin</i>	69,4 ± 4,64^a	60,9 ± 5,82^b	64,8 ± 2,93 ^{ab}	64,6 ± 2,16 ^{ab}	62,7 ± 2,13 ^{ab}	F(4, 25)=3,38
MCV (fl) <i>střední objem erytrocytů</i>	192 ± 36,9 ^a	209,4 ± 92,1 ^a	197,3 ± 34,4 ^a	153,7 ± 30,3^b	205,8 ± 25,3 ^a	F(4, 25)=0,99; ns
MCH (pg) <i>hemoglobin erytrocytů</i>	37,5 ± 3,68 ^a	37,8 ± 15,8 ^a	35,6 ± 4,49 ^a	30,2 ± 5,05^b	35,9 ± 2,83 ^a	F(4, 25)=0,73; ns
MCHC (g/l) <i>střední barevná koncentrace erytrocytů</i>	198,8 ± 21,6 ^a	182,8 ± 18,3 ^a	182,7 ± 11,9 ^a	198,4 ± 14,2 ^a	175,5 ± 10,7^b	F(4, 25)=2,15; ns

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



Tab. 10. Porovnání vybraných biochemických parametrů v krevní plazmě u juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivních podmínkách RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Světelný režim (h)	8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	F-statistika
Biochemický parametr						
GLU – glukóza (mmol/l)	1,84 ± 0,31 ^a	1,62 ± 0,33 ^a	1,38 ± 0,21 ^b	1,27 ± 0,12 ^b	1,08 ± 0,06 ^c	F(4, 25)=8,11
TP – celkové bílkoviny (g/l)	23,83 ± 1,34 ^{ab}	24,00 ± 2,08 ^a	26,67 ± 0,47 ^a	21,50 ± 1,38 ^b	23,33 ± 3,14 ^{ab}	F(4, 25)=4,73
ALB – albuminy (g/l)	1,83 ± 0,69 ^a	1,33 ± 0,47 ^a	1,50 ± 0,50 ^a	1,67 ± 0,47 ^a	1,33 ± 0,47 ^a	F(4, 25)=0,85; ns
GLOB – globuliny (g/l)	22,00 ± 1,29 ^a	22,83 ± 2,11 ^a	25,00 ± 0,81 ^a	20,17 ± 1,06 ^a	22,00 ± 3,31 ^a	F(4, 25)=4,04
NH ₃ – amoniak (μmol/l)	236,2 ± 18,3 ^d	342,5 ± 23,8 ^c	352,7 ± 22,9 ^c	441,2 ± 57,7^b	655,5 ± 54,9^a	F(4, 25)=79,9
TRIG – triglyceridy (mmol/l)	3,47 ± 0,33^a	3,39 ± 0,31^a	3,44 ± 0,42^a	3,22 ± 0,42^a	3,55 ± 0,32^a	F(4, 25)=0,57; ns
AST – asparát aminotrasferáza (μkat/l)	0,03 ± 0,01 ^b	0,25 ± 0,14 ^a	0,22 ± 0,14 ^a	0,21 ± 0,11 ^a	0,25 ± 0,11 ^a	F(4, 25)=3,35
ALT – alanin aminotrasferáza (μkat/l)	0,04 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,03 ^a	0,05 ± 0,02 ^b	F(4, 25)=6,25
CK – kreatinkináza (μkat/l)	7,90 ± 2,12 ^d	11,01 ± 1,96 ^c	14,55 ± 1,14 ^c	17,05 ± 3,31 ^b	23,57 ± 5,09^a	F(4, 25)=19,3
LDH – laktát dehydrogenáza (μkat/l)	19,22 ± 0,99 ^a	19,14 ± 1,16 ^a	18,84 ± 1,03 ^a	19,54 ± 0,60 ^a	19,39 ± 0,70 ^a	F(4, 25)=0,43; ns
ALPK – alkalická fosfatáza (μkat/l)	0,30 ± 0,14 ^a	0,09 ± 0,04 ^b	0,13 ± 0,04 ^b	0,19 ± 0,03 ^{ab}	0,29 ± 0,05 ^a	F(4, 25)=7,85
Ca – vápník (mmol/l)	1,78 ± 0,36^a	1,33 ± 0,47^a	1,80 ± 0,11^a	1,67 ± 0,47^a	1,76 ± 0,20^a	F(4, 25)=0,42; ns
PHOS – anorg. fosfor (mmol/l)	2,85 ± 0,14 ^a	2,99 ± 0,43 ^a	2,90 ± 0,61 ^a	2,89 ± 0,24 ^a	2,79 ± 0,43 ^a	F(4, 25)=0,15; ns
LACT – laktát (mmol/l)	1,25 ± 0,17 ^c	1,93 ± 0,47 ^{bc}	2,18 ± 0,50 ^b	2,82 ± 0,42 ^b	4,06 ± 0,69^a	F(4, 25)=24,3

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



Tab. 11. Tělesné indexy juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivních podmínkách RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Světelný režim (h)	8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	F-statistika
Tělesný index						
GSI, samci	0,26 ± 0,08^a	0,23 ± 0,01 ^{ab}	0,19 ± 0,02 ^{ab}	0,13 ± 0,05 ^{ab}	0,05 ± 0,01^b	F(4, 9)=5,98
GSI, samice	1,23 ± 0,02^a	1,33 ± 0,05 ^{ab}	1,02 ± 0,17 ^{bc}	0,98 ± 0,17 ^{bc}	0,86 ± 0,13^c	F(4, 12)=9,83
FI	1,30 ± 0,20^a	0,44 ± 0,35^b	0,79 ± 0,19 ^{ab}	1,05 ± 0,45 ^{ab}	1,05 ± 0,41 ^{ab}	F(4, 25)=5,50
HSI	1,36 ± 0,12 ^a	1,33 ± 0,30 ^a	0,87 ± 0,10 ^a	1,11 ± 0,17 ^a	1,21 ± 0,21 ^a	F(4, 25)=6,30
SI	0,07 ± 0,02 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,02 ^a	F(4, 25)=1,69; ns

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



Tab. 12. Porovnání úrovně oxidativního stresu a produkce antioxidantních enzymů v játrech, mozku a žábách u juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivních akvakultuře využívající RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Tkáň	Biomarker	Světelný režim (h)					F-statistika
		8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	
Játra	TBARS (nmol/mg protein)	1,15 ± 0,42^a	1,60 ± 0,40 ^{ab}	2,41 ± 0,70 ^{bc}	4,34 ± 0,60^c	4,81 ± 1,01^c	F(4, 25)=30,26
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,41 ± 0,16 ^a	0,31 ± 0,13 ^a	0,29 ± 0,13 ^a	0,30 ± 0,09 ^a	0,38 ± 0,17 ^a	F(4, 25)=0,698; ns
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	2,59 ± 0,87 ^a	2,05 ± 0,71 ^a	2,23 ± 0,67 ^a	2,46 ± 0,40 ^a	2,31 ± 0,41 ^a	F(4, 25)=0,526; ns
	GSH (nmol GSH/mg protein)	7,44 ± 0,69^a	6,90 ± 0,81^a	9,28 ± 0,73 ^b	11,3 ± 1,10^c	12,4 ± 1,37^c	F(4, 25)= 29,97;
	GST (nmol/min/mg protein)	5,09 ± 0,72^a	5,76 ± 0,50^a	6,06 ± 0,71 ^{ab}	7,26 ± 0,67^b	7,33 ± 0,90^b	F(4, 25)=9,03;
Mozek	TBARS (nmol/mg protein)	0,46 ± 0,13^a	0,78 ± 0,21 ^{ab}	1,02 ± 0,22 ^{bc}	1,35 ± 0,31^c	1,90 ± 0,45^d	F(4, 25)=18,94
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,17 ± 0,04 ^a	0,20 ± 0,10 ^a	0,15 ± 0,06 ^a	0,17 ± 0,05 ^a	0,12 ± 0,08 ^a	F(4, 25)=0,800; ns
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	0,51 ± 0,17 ^a	0,46 ± 0,23 ^a	0,47 ± 0,14 ^a	0,61 ± 0,21 ^a	0,44 ± 0,23 ^a	F(4, 25)=0,574; ns
	GSH (nmol GSH/mg protein)	7,41 ± 0,98 ^a	7,20 ± 0,58 ^a	6,64 ± 1,26 ^a	6,13 ± 1,03 ^a	5,94 ± 0,41 ^a	F(4, 25)=2,509; ns
	GST (nmol/min/mg protein)	1,76 ± 0,59^a	1,91 ± 0,44^a	3,32 ± 0,67^b	3,75 ± 0,47^b	4,25 ± 0,51^b	F(4, 25)=20,99
Žábry	TBARS (nmol/mg protein)	0,32 ± 0,11^a	0,47 ± 0,06 ^{ab}	0,63 ± 0,07 ^{bc}	0,73 ± 0,08^c	0,79 ± 0,13^c	F(4,2 5)=21,72
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,35 ± 0,10 ^a	0,27 ± 0,12 ^a	0,32 ± 0,05 ^a	0,27 ± 0,10 ^a	0,32 ± 0,10 ^a	F(4, 25)=0,665; ns
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	0,23 ± 0,07 ^a	0,20 ± 0,05 ^a	0,21 ± 0,07 ^a	0,22 ± 0,12 ^a	0,27 ± 0,28 ^a	F(4, 25)=0,160; ns
	GSH (nmol GSH/mg protein)	2,45 ± 0,51 ^a	2,25 ± 0,62 ^a	2,04 ± 0,65 ^a	2,22 ± 0,69 ^a	2,54 ± 0,69 ^a	F(4,25) = 0,467; ns
	GST (nmol/min/mg protein)	1,83 ± 0,80 ^a	1,80 ± 0,28 ^a	1,85 ± 0,41 ^a	1,85 ± 0,94 ^a	1,80 ± 0,49 ^a	F(4,25) = 0,007; ns

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



Tab. 13. Porovnání úrovně oxidativního stresu a produkce antioxidantních enzymů v ledvinách, střevu a žábřácích u juvenilních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaných v intenzivní akvakultuře využívající RAS po dobu 140 dní při různém testovaném světelném režimu.

Tkáň	Biomarker	Světelný režim (h)					F-statistika
		8L:16D	12L:12D	16L:8D	20L:4D	24L:0D	
Ledviny	TBARS (nmol/mg protein)	0,91 ± 0,11 ^a	0,94 ± 0,27 ^a	0,98 ± 0,08 ^a	0,92 ± 0,13 ^a	0,86 ± 0,12 ^a	F(4, 25)=0,743; ns
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,08 ± 0,04^a	0,22 ± 0,07^b	0,13 ± 0,04 ^{ab}	0,19 ± 0,05 ^{ab}	0,14 ± 0,11 ^{ab}	F(4, 25)=3,697
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	0,43 ± 0,10 ^a	0,49 ± 0,13 ^a	0,56 ± 0,21 ^a	0,55 ± 0,13 ^a	0,40 ± 0,11 ^a	F(4, 25)=1,246; ns
	GSH (nmol GSH/mg protein)	5,77 ± 0,45 ^a	5,62 ± 0,52 ^a	5,59 ± 0,67 ^a	5,81 ± 0,91 ^a	5,32 ± 1,45 ^a	F(4, 25)=0,239; ns
	GST (nmol/min/mg protein)	2,72 ± 0,39 ^a	2,41 ± 0,25 ^a	2,58 ± 0,66 ^a	2,83 ± 0,73 ^a	2,92 ± 0,48 ^a	F(4, 25)=0,749; ns
Střevo	TBARS (nmol/mg protein)	0,50 ± 0,21 ^a	0,63 ± 0,13 ^a	0,51 ± 0,19 ^a	0,46 ± 0,08 ^a	0,49 ± 0,12 ^a	F(4, 25)=0,926
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,34 ± 0,30 ^a	0,29 ± 0,04 ^a	0,26 ± 0,07 ^a	0,30 ± 0,11 ^a	0,31 ± 0,10 ^a	F(4, 25)=0,171
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	0,47 ± 0,18 ^a	0,53 ± 0,15 ^a	0,54 ± 0,08 ^a	0,52 ± 0,07 ^a	0,52 ± 0,19 ^a	F(4, 25)=0,188
	GSH (nmol GSH/mg protein)	1,80 ± 0,49 ^a	1,70 ± 0,23 ^a	1,75 ± 0,41 ^a	1,54 ± 0,38 ^a	1,67 ± 0,34 ^a	F(4, 25)=0,320
	GST (nmol/min/mg protein)	0,16 ± 0,06 ^a	0,17 ± 0,07 ^a	0,16 ± 0,06 ^a	0,16 ± 0,06 ^a	0,17 ± 0,05 ^a	F(4, 25)=0,043
Sval	TBARS (nmol/mg protein)	0,86 ± 0,30 ^a	0,76 ± 0,22 ^a	0,75 ± 0,26 ^a	0,81 ± 0,27 ^a	0,92 ± 0,12 ^a	F(4, 25)=0,435
	SOD (nmol NBT/min/mg protein)	0,20 ± 0,08 ^a	0,18 ± 0,05 ^a	0,17 ± 0,08 ^a	0,18 ± 0,04 ^a	0,19 ± 0,07 ^a	F(4, 25)=0,152
	CAT (μmol H ₂ O ₂ /min/mg protein)	0,15 ± 0,10 ^a	0,19 ± 0,09 ^a	0,17 ± 0,05 ^a	0,19 ± 0,05 ^a	0,21 ± 0,07 ^a	F(4, 25)=0,375
	GSH (nmol GSH/mg protein)	2,00 ± 0,41 ^a	1,83 ± 0,56 ^a	1,82 ± 0,33 ^a	1,88 ± 0,40 ^a	2,05 ± 0,30 ^a	F(4, 25)=0,326
	GST (nmol/min/mg protein)	1,49 ± 0,37 ^a	1,90 ± 0,46 ^a	1,95 ± 0,40 ^a	1,98 ± 0,41 ^a	1,66 ± 0,39 ^a	F(4, 25)=1,359

Vysvětlivky: Kurzívou a tučně jsou zvýrazněné zajímavé statistické rozdíly mezi experimentálními skupinami, které jsou komentované v textu zprávy.



7.3 Závěr

Závěrem této části projektu lze obecně konstatovat, že juvenilní ryby okounka pstruhového bylo i v dané etapě chovu (ve všech skupinách) možné v rámci intenzivní akvakultury chovat bez jakýchkoliv problému. Při tomto chovu bylo zajištěno vysoké přežití ryb na úrovni 98–100%, při dobré rychlosti růstu SGR mezi 0,48–0,5 %·d⁻¹ a dobré konverzi krmiva FCR mezi 0,98–1,19 g·g⁻¹. Avšak detailní analýzy všech produkčních ukazatelů, hematologických a biochemických parametrů krve a úrovně oxidativního stresu včetně produkce antioxidantních enzymů ukázaly, že nejvhodnějším světelným režimem pro produkci a fyziologii odchovávaných ryb okounka pstruhového je režim s osmi hodinami světla a šestnácti hodinami tmy.

Použitá literatura:

- Aebi, H., 1984. Catalase Invitro. *Methods Enzymol.* 105, 121–126.
- Ellman, G.L., 1959. Tissue Sulfhydryl Groups. *Arch. Biochem. Biophys.* 82, 70–77.
- Ewing, J.F., Janero, D.R., 1995. Microplate superoxide dismutase assay employing a nonenzymatic superoxide generator. *Anal. Biochem.* 232, 243–248.
- Habig, W.H., Pabst, M.J., Jakoby, W.B., 1974. Glutathione S-transferases – First enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249, 7130–7139.
- Piačková, V., Palíková, M., Zusková, E., Flajšhans, M., 2014. Stanovení diferenciálního počtu leukocytů u ryb. *Edice Metodik VÚRH FROV Vodňany*, č.160, 65 s.
- Svobodová, Z., Pravda, D., Modrá, H., 2012. Metody hematologického vyšetřování ryb. *Edice Metodik VÚRH FROV JU Vodňany*, č. 122, 38 s.
- Uchiama, M., Mihara, M., 1978. Determination of malondialdehyde precursor in tissue by thiobarbituric acid test. *Anal. Biochem.* 86, 271–278.

8 Vliv různé počáteční hustoty obsádky okounka pstruhového na efektivitu jeho intenzivního chovu

8.1 Materiál a metodika

Poslední aktivitou tohoto projektu byl experiment, který od 16.6.2020 do 29.12.2020 sledoval vliv různé počáteční hustoty obsádky okounka pstruhového na efektivitu jeho intenzivního chovu využívající RAS technologii. Po ukončení předchozího experimentu došlo v průběhu období od 4.6.2020 do 14.6.2020 ke smíchání všech experimentálních ryb z obou pracovišť, a dále k detailnímu a pečlivému třídění ryb, čištění a dezinfekci použitých nádrží a daných systémů. Následně došlo k přípravě nových nádrží a systémů, které se poté využívaly k realizaci tohoto experimentu. Na pracovišti FROV JU ve Vodňanech došlo k přesunu tohoto experimentu do jednoho poloprovozního RAS, který se nachází v rybochovné hale Laboratoře intenzivní akvakultury detailně popsané Policarem a kol. (2018). Tento systém disponuje celkovým objemem vody 30 m³, kdy 15 000 litrů vody je využito pro chov ryb v 10ti odchovných nádržích (s jednotným objemem 1500 litrů) a 15 000 litrů vody je využíváno pro biologickou filtraci, management ošetření a distribuci vody.



Pro realizaci tohoto experimentu bylo na obou partnerských pracovištích nasazeno 9 odchovných nádrží, do kterých se nasadily 3 experimentální skupiny s různou počáteční hustotou ryb (nízká: 23 kg.m^{-3} , střední: 35 kg.m^{-3} a vysoká: 46 kg.m^{-3}) ve třech opakováních. Ve Vodňanech se využily zmíněné 1500litrové nádrže a ve Volarech v rámci partnerského subjektu NDCon s.r.o se využily tamní malé nádrže o jednotném objemu 1100 litrů, které byly použity v předchozích aktivitách – experimentech tohoto projektu. Detailní informace o nasazení ryb do nádrží na začátku tohoto experimentu na obou pracovištích je uveden v Tab. 14. Celkem ve Vodňanech bylo do experimentu nasazeno 3303 ks a ve Volarech 2427 ks ryb okounků pstruhových. K experimentu celkově bylo na začátku použito 5730 ks kvalitních a velikostně vyrovnaných ryb.

Tab. 14. Detailní informace o počtu a biomase nasazovaných ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) na začátku experimentu, který testoval vliv různé počáteční hustoty ryb zmíněného druhu na efektivitu jeho intenzivního odchovu.

Ukazatel	FROV JU Vodňany			NDCon s.r.o. Volary		
Hustota ryb	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
Počet nádrží (ks)	3	3	3	3	3	3
Objem nádrží (litry)	1500	1500	1500	1100	1100	1100
Počet ryb na nádrž (ks)	245	367	489	180	270	359
Biomasa ryb na nádrž (kg)	35	52	69	26,4	38,5	50,6
Počet ryb na objem vody (ks.m^{-3})	163	245	326	163	245	326
Biomasa ryb na objem vody (kg.m^{-3})	23	35	46	23	35	46

V průběhu odchovu se udržovaly následující parametry kvality vody jako je: teplota vody ($22,9 \pm 1,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$), obsah rozpuštěného kyslíku (ráno $125,7 \pm 14,7 \text{ } \%$ a večer $109,3 \pm 21,0 \text{ } \%$), pH ($6,9 \pm 0,2$), koncentrace celkového amoniaku ($0,36 \pm 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$) a dusitanů ($0,3 \pm 0,12 \text{ mg.l}^{-1}$) se světelným režimem 8 hodin světla a 16 hodin tmy (od 7:00 do 15:00) se světelnou intenzitou 120 luxů dopadající na vodní hladinu. Po zmíněných 8 hodinách světla byly ryby ještě drženy 4 hodiny při snížené intenzitě světla (do 19:00) 70–80 luxů s cílem nabídnout okounkům optimální světelnou periodu podle výsledků aktivity 6 této zprávy a současně dostatečně nakrmit ryby a zaopatřit celý systém a chov ryb. Všechny zmíněné parametry kvality vody byly měřeny stejným způsobem, jako v kapitole 4 a 6 této zprávy.

Experimentální ryby všech skupin byly krmeny z 50 % ručně a z 50 % hodinovým pásovým krmítkem od 8:00 do 19:00 s jednotnou denní krmnou dávkou pro všechny testované skupiny, kdy na začátku experimentu byla krmná dávka nastavena na výši 1,5 % z biomasy ryb, která byla v polovině experimentu (po 98. dni odchovu) snížena na 0,75 % z biomasy ryb. Denní krmná dávka byla aktualizována podle aktuálně zjištěné biomasy ryb z každé nádrže při pravidelném přelovení ryb v 49denních intervalech v průběhu celého chovu. Ryby byly krmeny pomocí umělého peletovaného plovoucího krmiva od firmy Skretting Europa F-15 s velikostí pelet 2 mm (na začátku experimentu) – 3 mm (na konci experimentu). Nutriční složení tohoto krmiva je uvedeno v Tab. 7 v kapitole 6 této zprávy. Po celou dobu experimentu bylo použité peletované krmivo ve všech experimentálních skupinách obohacováno o vitamín C, A a E pomocí přípravku Vitamín C PG 100 % plv. podobně jako při aktivitě 6 a 7 této zprávy s cílem podpořit kondici odchovávaných ryb, zvýšit jejich přežití a celkovou efektivitu chovu podle Policara a kol. (2021).



Těsně před nasazením experimentálních ryb do jednotlivých skupin bylo v rámci každého rybochovného provozu celkem změřeno (TL) a zváženo (W) 300 ks ryb. Individuální vážení a měření ryb bylo provedeno podle metodického postupu uvedeného v kapitole 4 této zprávy.

V průběhu tohoto chovu byla v jednotlivých nádržích sledována denní mortalita ryb a zaznamenávána skutečná spotřeba aplikovaného krmiva. Pro tyto účely bylo zjišťované množství nespotřebovaného krmiva podobně jako tomu bylo u kapitoly 6 této zprávy. Množství nespotřebovaného aplikovaného krmiva se následně odečetlo od aplikované denní krmné dávky do jednotlivých nádrží s rybami. Následně množství zkonzumovaného krmiva bylo použito pro výpočet koeficientu konverze krmiva (FCR) podle vzorečku uvedeného v kapitole 4 této zprávy.

Na konci celého odchovu po 196 dnech odchovu došlo ke kontrolnímu měření (TL) a vážení (W) reprezentativního vzorku 100 ks ryb v jednotlivých nádržích každé experimentální skupiny na obou pracovištích. Dále v jednotlivých nádržích byl zjištěn počet všech přeživších ryb a zvážena jejich celková biomasa. Díky zjištěným biometrickým ukazatelům ryb na začátku a na konci adaptace, spotřebovaného množství krmiva, počtu přeživších ryb a jejich finální biomase došlo následně na konci této aktivity k výpočtu produkčních ukazatelů jako je: Fultonův kondiční koeficient (FK), specifická rychlost růstu (SGR v $\% \cdot d^{-1}$), přežití ryb (P v %), míra kanibalismu (K v %), přírůstek biomasy ($kg \cdot m^{-3}$) a koeficient konverze krmiva (FCR v $g \cdot g^{-1}$) dle uvedených vzorečků a metodiky v kapitole 4 této zprávy.

Všechny získané hodnoty produkčních ukazatelů z tohoto odchovu jsou níže uvedeny jako průměrné hodnoty $\pm$ směrodatná odchylka. Statisticky byla všechna data mezi experimentálními skupinami analyzována a porovnávána programem Statistica verze 12 (StatSoft, Inc., Česká republika) pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA) využívající Tukey Post-Hoc test a lineární modely na hladině významnosti $p < 0,05$.

8.2 Výsledky

V Tab. 15 jsou uvedeny biometrické parametry včetně Fultonova kondičního koeficientu nasazovaných a odchovaných ryb okounka pstruhového v různých hustotách. Z jednotlivých hodnot je patrné, že použitá hustota ryb od 23 do $46 kg \cdot m^{-3}$ vody neměla vliv na dosaženou velikost a kondiční stav odchovaných ryb na konci experimentu.

Stejný závěr přináší také Tab. 16, kde je uvedeno, že ryby odchované ve všech hustotách dosáhly statisticky stejné specifické rychlosti růstu SGR od 0,22–0,26 $\% \cdot d^{-1}$. Ovšem je nutné konstatovat, že obecně ryby okounka pstruhového rostly poměrně pomalu a v průběhu experimentu nebyla potvrzena jejich pověstná žravost a ani rychlý růst. Tento výsledek a závěr pravděpodobně v ČR souvisí s vysokým stupněm inbreedingu mezi chovanými okounky pstruhovými. Ovšem tvrzení je pouze spekulativní a není potvrzeno žádnými genetickými analýzami. Ovšem předpokládáme, že naše spekulativní tvrzení může být vysoce pravděpodobně správné a opodstatněné, jelikož v ČR se dlouhodobě chová a mezi sebou páří velmi omezené množství ryb tohoto druhu.

Podobně jako u růstu ryb, tak i u přežití ryb všechny testované skupiny dosáhly stejné vysoké míry přežití 97,3–99,9 % a nulové míry kanibalismu (Tab. 16).

Nejnižší koeficient konverze krmiva ($FCR = 1,39 g \cdot g^{-1}$) byl zjištěn u nízké testované hustoty ryb ($23 kg \cdot m^{-3}$). Naopak nejvyšší koeficient konverze ($FCR = 1,61 g \cdot g^{-1}$) byl zjištěn u střední hustoty odchovávaných ryb ($35 kg \cdot m^{-3}$). $FCR (1,50 g \cdot g^{-1})$ u nejvyšší hustoty ryb byl statisticky neprůkazný od obou ostatních testovaných hustot ryb. Obecně všechny získané hodnoty FCR byly poměrně nízké a v budoucnosti by mohly být ještě více optimalizovány (sníženy), kdyby



došlo k podpoře růstu okounků v našich chovech (Tab. 16). Tím by mohlo dojít k poměrně efektivnímu chovu a produkci okounka pstruhového. Aby k tomuto došlo, musel by být do ČR realizován dovoz nových generačních či juvenilních jedinců okounka pstruhového, které by se následně využily při reprodukci a posílení genetické variability našich chovaných ryb. Dovoz okounků do ČR by ovšem musel být povolený ze strany MZe a realizovaný z jeho domoviny (Severní Amerika) nebo z evropských zemí, kde se tento druh hojně vyskytuje (Portugalsko, Španělsko a Francie).

Díky tomuto experimentu bylo potvrzeno, že ryby okounka pstruhového ve vyšších hustotách dosahovaly statisticky vyšších dosažených přírůstků biomasy. V počáteční hustotě od 23 do 46 kg.m⁻³ byl dosažen přírůstek biomasy od 15,8 do 25,7 kg.m⁻³ za 196denní odchov. Při zvolených počátečních hustotách nebyl zaznamenán žádný negativní vliv vyšší hustoty ryb na dosažený přírůstek biomasy. Ze zjištěného vyplývá, že možná by okounek pstruhový mohl být intenzivně chován ještě ve vyšších hustotách, než byly hustoty testované. Ovšem při vyšších zvolených hustotách musí být neustále zachována vysoká kvalita vody v nádržích a systému, což znamená vyšší nároky na obsluhu systému a intenzivního chovu ryb. Následně by tato optimalizace intenzivního chovu okounka mohla přinést ještě větší zefektivnění jeho produkce. Avšak tento záměr musí být realizován a popřípadě jasný efekt počáteční hustoty ryb okounka na jeho dosažený přírůstek biomasy potvrzen při dalším aplikovaném výzkumu. Teprve další aplikovaný výzkum ukáže výhody či nevýhody či případnou rentabilitu intenzivního chovu okounka pstruhového v ČR.

8.3. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že ryby okounka pstruhového o kusové hmotnosti kolem 140 gramů je možné s úspěchem intenzivně odchovávat v počáteční hustotě 23–46 kg.m⁻³ bez jakýchkoliv negativních vlivů vyšších hustot na růst, přežití, kanibalismus a kondici odchovávaných ryb. Bylo zjištěno, že vyšší počáteční hustota ryb způsobuje mírně zhoršenou konverzi předkládaných krmiv (na hodnotu FCR 1,5–1,6 g.g⁻¹), ale zase zvyšuje přírůstek biomasy (až na hodnotu 25,7 kg.m⁻³). Obecně lze označit růst takto velkých okounků pstruhových v průběhu intenzivního chovu za nízkou s potencionální potřebou pokusit se u okounků chovaných v ČR zvýšit genetickou variabilitu dovozem nových ryb ze zahraničí po důkladné diskuzi a předchozímu schválení žádosti v rámci MZe.

Použitá literatura:

- Polícar T., Kříšťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, 169: 54 s.
- Polícar T., Kolářová J., T. Pěnka, 2021. Optimalizace provozu RAS dánského typu zajišťující zvýšenou a kvalitní produkci lososovitých ryb. Technická zpráva z inovačního projektu OP Rybářství č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000773, FROV JU, 70 s.



Tab. 15. Počáteční a konečná velikost těla a hmotnost okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaného v intenzivní akvakultuře při různé hustotě obsádky v průběhu 196 dní.

Hustota obsádky	Počáteční				Konečná			
	TL (mm)	SL (mm)	W (g)	FK	TL (mm)	SL (mm)	W (g)	FK
Nízká	221,0 ± 19,2 ^a	175,1 ± 17,3 ^a	142,9 ± 41,0 ^a	1,3 ± 0,16 ^a	268,0 ± 18,1 ^a	226,4 ± 17,0 ^a	238,5 ± 50,5 ^a	1,26 ± 0,05 ^a
Střední	225,2 ± 17,3 ^a	178,2 ± 14,5 ^a	141,7 ± 37,1 ^a	1,3 ± 0,09 ^a	258,1 ± 18,2 ^a	213,3 ± 16,5 ^a	219,3 ± 48,4 ^a	1,28 ± 0,07 ^a
Vysoká	218,3 ± 17,4 ^a	171,3 ± 13,2 ^a	141,1 ± 35,2 ^a	1,3 ± 0,01 ^a	263,0 ± 17,3 ^a	218,2 ± 14,3 ^a	226,1 ± 42,2 ^a	1,24 ± 0,26 ^a

Tab. 16. Produkční ukazatelé (přírůstek biomasy, rychlost růstu, konverze krmiva a míra přežití) na konci 196denního intenzivního odchovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) chovaného při různé hustotě obsádky.

Hustota obsádky	Biomasa (kg.m ⁻³)		Přírůstek biomasy	SGR	FCR	Míra přežití	Míra kanibalismu
	Počáteční	Konečná	(kg.m ⁻³)	(%.d ⁻¹)	(g.g ⁻¹)	(%)	(%)
Nízká	23,0 ± 0,1	38,8 ± 1,5	15,8 ± 1,3 ^c	0,26 ± 0,07 ^a	1,39 ± 0,21 ^b	99,9 ± 0,44 ^a	0 ^a
Střední	35,0 ± 0,2	53,0 ± 2,1	18,0 ± 1,9 ^b	0,22 ± 0,05 ^a	1,61 ± 0,08 ^a	98,7 ± 1,02 ^a	0 ^a
Vysoká	46,0 ± 0,3	71,7 ± 3,5	25,7 ± 2,7 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	1,50 ± 0,17 ^{ab}	97,3 ± 0,71 ^a	0 ^a



9 Závěr realizovaného projektu

Zrealizovaný inovační projekt CZ.10.2.101/2.1/0.0/18_013/0000793 „Adaptace a chov okounka pstruhového v podmínkách intenzivní akvakultury využívající RAS“ úspěšně ověřil možnosti efektivní adaptace rybníčně odchovaných juvenilních ryb okounka pstruhového na peletované krmivo a podmínky RAS a možnosti následného intenzivního chovu ryb do konečné kusové hmotnosti 220–240 gramů. Po adaptaci zmíněných ryb došlo k: otestování použití různého peletovaného krmiva při intenzivním chovu, porovnání monokulturního a bikulturního chovu okounka pstruhového s candátem obecným, optimalizaci světelného režimu a počáteční hustoty ryb s cílem ukázat českým produkční podnikům, je-li možné okounka pstruhového potencionálně intenzivně chovat v našich podmínkách s cílem zvýšit jejich konkurenceschopnost a diverzifikaci tržní produkce. Z výsledků daného projektu je patrné že:

1) Adaptaci rybníčně odchovaného rychleného plůdku okounka pstruhového o kusové hmotnosti 0,8 gramů je možné v podmínkách RAS realizovat bez větších technologických a chovatelských problémů. Po realizované adaptaci ryb bylo zjištěno, že adaptované ryby dosahují 92 % přežití, vykazují vysokou rychlost růstu ($SGR = 11,2 \pm 2,3 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$), netrpí žádným kanibalismem a dosahují nižší konverze krmiva (FCR kolem $3 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$).

2) Ryby okounka pstruhového při intenzivním chovu v RAS mohou být od kusové hmotnosti 6–7 gramů bez jakýchkoliv technických a chovatelských problémů krmeny různými krmivy, např.: Biomar INICIO Plus a Skretting GEMMA Diamond. Ryby v takovémto chovu průměrně dosahují následujících produkčních parametrů: přežití ryb na úrovni 90 %, rychlost růstu ($SGR = 2,3\text{--}2,4 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$), konverze krmiva ($FCR = 1,4\text{--}1,6 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) a nulové míry kanibalismu.

3) Okounek pstruhový může být v rámci intenzivní akvakultury úspěšně chován jak v monokulturních obsádkách, tak i v bikulturních obsádkách s candátem obecným. Avšak obecně okounek pstruhový v obou testovaných obsádkách vykazuje nižší růst ($SGR = 1,2\text{--}1,28 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$), nižší rozrůstání chovaných ryb a nižší konverzi krmiva ($FCR = 1,44\text{--}1,48 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$), ale naopak vyšší míru finálního přežití ($P = 99,95\text{--}99,99\%$ a vyšší Fultonův kondiční koeficient ($FK = 1,09$) oproti porovnávaným oběma chovaným obsádkám candáta obecného. Obecně lze konstatovat, že okounek dosahuje excelentního přežití při chovu, které se často blíží ke stoprocentnímu přežívání ryb. Avšak jeho růst nedosahuje očekávané rychlosti, což je v této zprávě bylo potvrzeno i v poslední aktivitě tohoto projektu. Snížený růst okounka chovaného v ČR je pravděpodobně způsoben vysokým stupněm inbreedingu, jelikož v ČR se dlouhodobě chová jen velmi omezené množství ryb tohoto druhu, které do ČR bylo introdukované před více jak 30–50 lety.

4) Při intenzivním chovu 30gramových juvenilních ryb okounka pstruhového je z hlediska produkčních ukazatelů (míra přežití: 100 %; míra kanibalismu: 0 %; specifická rychlost růstu – $SGR: 0,6 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$; konverze krmiva – $FCR: 0,98 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$), kondice ryb ($FK = 0,98$), hematologických a biochemických parametrů krve a úrovně oxidativního stresu včetně produkce antioxidantních enzymů nejvhodnější používat světelný režim 8L:16D v rámci denního (24hodinového) cyklu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

5) Ryby okounka pstruhového o kusové hmotnosti kolem 140 gramů je možné s úspěchem intenzivně odchovávat v počáteční hustotě 23–46 kg.m⁻³ a možná i vyšší (to musí být ovšem předmětem dalšího aplikovaného výzkumu) bez jakýchkoliv negativních vlivů vyšších hustot ryb na jejich růst, přežití, kanibalismus a kondici. Bylo zjištěno, že vyšší počáteční hustota ryb způsobuje mírně zhoršenou konverzi předkládaných krmiv (na hodnotu FCR 1,5–1,6 g.g⁻¹), ale naopak zvyšuje přírůstek biomasy (až na hodnotu 25,7 kg.m⁻³). Obecně lze označit růst takto velkých okounků pstruhových v průběhu intenzivního chovu za nízkou (SGR = 1,22–1,26 %.d⁻¹) s potencionální potřebou pokusit se u okounků chovaných v ČR zvýšit genetickou variabilitu dovozem nových ryb ze zahraničí po důkladné diskuzi a předchozím schválení žádosti v rámci MZe.



10 Seznam fotodokumentace

Obr.1. Recirkulační akvakulturní systém společnosti NDCon s.r.o. ve Volarech, kde v malých nádržích byl adaptován a následně intenzivně chován okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) v průběhu poloprovozních experimentů tohoto projektu.

Obr. 2. Experimentální rybochovná místnost FROV JU ve Vodňanech, kde probíhala adaptace rybníčně odchovaného okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a následující experimenty.

Obr. 3. Experimentální rybochovná hala FROV JU ve Vodňanech, kde probíhal odchov experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a experiment se různými hustotami.

Obr. 4. Odchované juvenilní ryby okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) po adaptaci a po 105denním odchovu a před experimentem testující využití monokulturního a bikulturního chovu okounka s candátem obecným (*Sander lucioperca*).

Obr. 5. Vážení juvenilní ryby okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) před experimentem testující využití monokulturního a bikulturního chovu okounka s candátem obecným (*Sander lucioperca*).

Obr. 6. Experimentální ryby candáta obecného (*Sander lucioperca*) odchovávané při experimentu testující monokulturní a bikulturní chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) s candátem obecným (*Sander lucioperca*).

Obr. 7. Průběh experimentu testující vliv různého světelného režimu na efektivitu chovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS.

Obr. 8. Odběr krve a dalších tkání pro stanovení hematologických a biochemických parametrů z krve na konci experimentu testující vliv různého světelného režimu na efektivitu chovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS.

Obr. 9. Odchov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS při posledním experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.

Obr. 10. Výběr reprezentativních experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) určených pro biometrické šetření v průběhu experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.

Obr. 11. Měření celkové délky u experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v průběhu experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.

Obr. 12. Vážení hmotnosti u experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v průběhu experimentu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Obr. 13. Detail odchovaného okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS na konci tohoto inovačního projektu.

Obr. 14. Jednatel firmy NDCon s.r.o. pan Ing. Robert Michek s odchovaným okounkem pstruhovým (*Micropterus salmoides*) na konci tohoto inovačního projektu.



Obr.1. Recirkulační akvakulturní systém společnosti NDCon s.r.o. ve Volarech, kde v malých nádržích byl adaptován a následně intenzivně chován okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*) v průběhu poloprovozních experimentů tohoto projektu.



Obr. 2. Experimentální rybochovná místnost FROV JU ve Vodňanech, kde probíhala adaptace rybníčně odchovaného okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a následující experimenty.



Obr. 3. Experimentální rybochovná hala FROV JU ve Vodňanech, kde probíhal odchov experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) a experiment se různými hustotami.



Obr. 4. Odchované juvenilní ryby okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) po adaptaci a po 105denním odchovu a před experimentem testující využití monokulturního a bikulturního chovu okounka s candátem obecným (*Sander lucioperca*).



Obr. 5. Vážení juvenilní ryby okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) před experimentem testující využití monokulturního a bikulturního chovu okounka s candátem obecným (*Sander lucioperca*).



Obr. 6. Experimentální ryby candáta obecného (*Sander lucioperca*) odchovávané při experimentu testující monokulturní a bikulturní chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) s candátem obecným (*Sander lucioperca*).



Obr. 7. Průběh experimentu testující vliv různého světelného režimu na efektivitu chovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS.



Obr. 8. Odběr krve a dalších tkání pro stanovení hematologických a biochemických parametrů z krve na konci experimentu testující vliv různého světelného režimu na efektivitu chovu okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS.



Obr. 9. Odchov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS při posledním experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.



Obr. 10. Výběr reprezentativních experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) určených pro biometrické šetření v průběhu experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.



Obr. 11. Měření celkové délky u experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v průběhu experimentu tohoto projektu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.



Obr. 12. Vážení hmotnosti u experimentálních ryb okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v průběhu experimentu testující vliv různé hustoty ryb na efektivitu jeho chovu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic



Obr. 13. Detail odchovaného okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v RAS na konci tohoto inovačního projektu.



Obr. 14. Jednatel firmy NDCon s.r.o. pan Ing. Robert Michek s odchovaným okounkem pstruhovým (*Micropterus salmoides*) na konci tohoto inovačního projektu.