

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybnářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

Diplomová práce

**Vliv nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a
růst síha peledě (*Coregonus peled*) v intenzivním
chovu**

Autor:	Bc. Adam Seicherstein
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.
Konzultant diplomové práce:	Prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.
Studijní program a obor:	B4103 Zootechnika, Rybnářství
Forma studia:	Prezenční
Ročník:	2.

České Budějovice, 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce Ing. Vlastimilu Stejskalovi, Ph.D. za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Šablaturovi a Ing. Janu Matouškovi za pomoc při měření a odchovu ryb. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu při studiu. Vlastní experimentální práce byla podpořena projekty NAZV (č. QH 71 011 a QI 101C033), GAJU (č. 047/2010/Z) a CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam SEICHERSTEIN**
Osobní číslo: **V12N006P**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Vliv nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst síha peledě (*Coregonus peled*) v intenzivním chovu**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V nedávné minulosti byly na území ČR vybudovány dva recirkulační systémy (RAS) pro produkci pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a sívena amerického (*Salvelinus fontinalis*) založené na tzv. Dánské technologii s použitím velkého množství vzduchu vhnávaného do vody, který zajišťuje nejen její pohyb v systému, ale i dostatečné prokysličení spojené s odvětráním nežádoucích plynů (zejména CO₂ a N₂). Další systém stejné konstrukce je v současnosti těsně před zahájením provozu. Tento systém by měl sloužit k produkci síhů. Chov síhů v recirkulačních systémech s biologickým čištěním vody patří mezi perspektivní směry evropské sladkovodní akvakultury. Důvodem je především vysoká kvalita masa a zájem trhu. Vzhledem k omezeným možnostem zvyšování jejich produkce extenzivním chovem v rybnících, resp. díky výraznému, často selektivnímu tlaku rybožravých predátorů představuje intenzivní chov reálnou možnost zvýšení jejich produkce.

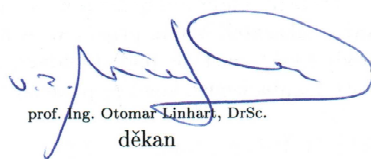
Cílem práce bude testovat vliv různých úrovní nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst u síha peledě. Ryby budou chovány v podmínkách normoxických (nasycení vody 90-100 %), hyperoxických (150-160 %) a hypooxických (50-60 %). Vlastní experimenty budou probíhat v prostředí pokusného recirkulačního systému (odchovné nádrže, mechanický filtr, biologický filtr). Ryby budou po dobu testování drženy v 60 l nádržích umožňujících kvantifikaci nespotebovaného krmiva, přičemž každá skupina bude chována ve třech opakováních. Před přítokem do každé trojice pokusných nádrží bude předřazen směšovač vody s plynným kyslíkem či dusíkem (podle experimentální skupiny), kde bude probíhat míchání vody na potřebnou kvalitu (nasycení kyslíkem). Hypooxické podmínky budou vytvářeny vytěšňováním kyslíku pomocí plynného dusíku v prostředí směšovače. Hyperoxických podmínek bude dosaženo dávkováním kyslíku v prostředí směšovače. Normoxie bude dosaženo pomocí silného vzduchování v retenční nádrži. Hlavními sledovanými ukazateli budou příjem krmiva a růst ryb chovaných v podmínkách různé nasycenosti vody kyslíkem. Dále budou hodnoceny zootechnické ukazatele (koeficient využití krmiva, přežití, kanibalismus, kondice ploutví) intenzivního chovu v různých kyslíkových podmínkách.

Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů v růstu (a dalších parametrech) při chovu peledě ve vodě o různé saturaci kyslíkem. Vlastní experimentální částí bude předcházet zpracování literární rešerše k danému tématu.

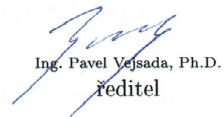
Rozsah grafických prací: **15 stran**
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**
Ústav akvakultury
Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.**
Ústav akvakultury

Datum zadání diplomové práce: **7. prosince 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2014**


prof. Ing. Otomář Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Základní číslo: 339/2013/II
339 25 Vodňany (2)


Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2013

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- Caldwell, C. A., Hinshaw, J., 1994. Physiological and haematological response in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. *Aquaculture*. 126, 183-193.
- Edsall, D. A., Smith, C. E., 1990. Performance of rainbow trout and Snake River cutthroat trout in oxygensupersaturated water. *Aquaculture*. 90, 251-259.
- Edsall, D. A., Smith, C. E., 1991. Effects of oxygen supersaturation on rainbow trout fed with demand feeders. *Prog. Fish-Cult.* 53, 95-97.
- Jewett, M. G., Behmer, D. J., Johnson, G. H., 1991. Effects of hyperoxic rearing water on blood hemoglobin and hematocrit level of rainbow trout. *J. Aquat. Anim. Health* 3, 153-160.
- Lygren, B., Hamre, K., Waagbø, R., 2000. Effect of induced hyperoxia on the antioxidant status of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed three different levels of dietary vitamin E. *Aquacult. Res.* 31, 401-407.
- Person-Le Ruyet, J., Pichavant, K., Vacher, C., Le Bayon, N., Sévère, A., Boeuf, G., 2002. Effects of O₂ supersaturation on metabolism and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*. 205, 373-383.
- Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Sévère, A., Le Roux, A., Quéménerm, L., Maxime, V., Nonnotte, G., Boeuf, G., 2001. Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *J. Fish Biol.* 59, 875-883.
- Stejskal, V., Matoušek, J., Drozd, B., Bláha, M., Policar, T., Kouřil, J., 2012. The effect of long-term hyperoxia and hypoxia on growth in pikeperch (*Sander lucioperca*). In: WAS and EAS (eds.): AQUA 2012. Prague (Czech Republic), September 1 - 5, 2012, s. 1058.
- Stejskal, V., Matoušek, J., Drozd, B., Policar, T., Kouřil, J., 2012. The effect of oxygen saturation on feed intake and growth of pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles. In: Kucharzyk, D., Zarski, D., Targońska, K., Krejszeff, S., (eds.): Domestication in Finfish Aquaculture. Olsztyn - Mragowo (Poland), October 23 - 25, 2012, s. 102.
- Thetmeyer, H., Waller, U., Black, K. D., Inselmann, S., Rosenthal, H., 1999. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen condition. *Aquaculture*. 174, 355-367.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled	10
2.1 Obecná biologická charakteristika síha peledě.....	10
2.1.1 Taxonomické zařazení.....	10
2.1.2 Popis	10
2.1.3 Výskyt.....	12
2.1.4 Potrava	12
2.2 Význam síha peledě	13
2.3 Chov síha peledě v intenzivních podmínkách.....	15
2.3.1 Historie chovu v různých produkčních systémech.....	15
2.3.2 Metody reprodukce.....	16
2.3.3 Metody odchovu larev a juvenilních ryb.....	17
2.3.4 Optimální chovné podmínky	18
2.4 Spotřeba kyslíku u ryb chovaných v intenzivních podmínkách.....	18
2.5 Vliv různé hladiny nasycení kyslíku na růst a fyziologické parametry ryb.....	19
2.5.1 Vliv hyperoxie na růst a fyziologické parametry ryb.....	19
2.5.2 Vliv hypoxie na růst a fyziologické parametry ryb	20
2.6 Vliv různých faktorů na spotřebu kyslíku.....	22
2.6.1 Hmotnostní závislost spotřeby kyslíku.....	22
2.6.2 Teplotní závislost spotřeby kyslíku	22
2.6.3 Vliv množství a kvality krmiva na spotřebu kyslíku.....	23
2.6.4 Denní fluktuace spotřeby kyslíku	23
3. Materiál a metodika	24
3.1 Získání a odchov larev peledě pro vlastní experimenty	24
3.2 Experiment – Vliv nasycení vody kyslíkem na růst a hematologické ukazatele u juvenilních peledí	24
3.2.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb.....	24
3.2.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních peledích.....	30
3.2.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu	31
3.2.4 Produkční ukazatele.....	32
3.2.5 Hematologické vyšetření ryb.....	33

3.2.6 Zpracování získaných dat a údajů	34
3.3 Experiment – Vliv teploty a hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku u juvenilních peledí	35
3.3.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro stanovení spotřeby kyslíku	35
3.3.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních peledích.....	35
3.3.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu	35
3.3.4 Zpracování získaných dat a údajů	36
4. Výsledky	37
4.1 Experiment – Vliv nasycení vody kyslíkem na růst a hematologické ukazatele u juvenilních peledí	37
4.1.1 Kumulativní a celkové přežití peledí.....	37
4.1.2 Růst peledí v průběhu pokusu	37
4.1.3 Produkční ukazatel specifická rychlost růstu	37
4.1.4 Průměrná celková biomasa v průběhu pokusu	38
4.1.5 Celková délka těla	38
4.1.6 Standardní délka těla	38
4.1.7 Produkční ukazatel konverze krmiva	39
4.1.8 Fultonův koeficient – koeficient vyživenosti ryb.....	39
4.1.9 Hematologické ukazatele.....	39
4.2 Experiment – Vliv teploty a hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku u juvenilních peledí	44
4.2.1 Denní variabilita spotřeby kyslíku.....	44
4.2.2 Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a spotřebou kyslíku.....	47
4.2.3 Extrémní hodnoty spotřeby kyslíku.....	50
5. Diskuze	53
6. Závěr	57
7. Seznam použité literatury	58
Abstrakt.....	64
Abstract.....	65

1. Úvod

V nedávné minulosti byly na území ČR vybudovány recirkulační systémy (RAS) pro produkci pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) založené na tzv. Dánské technologii s použitím velkého množství vzduchu vháněného do vody, který zajišťuje nejen její pohyb v systému, ale i dostatečné prokysličení spojené s odvětráním nežádoucích plynů (zejména CO₂ a N₂). Další systém stejné konstrukce je v současnosti těsně před zahájením provozu. Tento systém by měl sloužit k produkci síhů. Chov síhů a ryb obecně v recirkulačních systémech s biologickým čištěním vody patří mezi perspektivní směry evropské sladkovodní akvakultury. Důvodem je především vysoká kvalita masa a zájem trhu. Vzhledem k omezeným možnostem zvyšování jejich produkce extenzivním chovem v rybnících, resp. díky výraznému, často selektivnímu tlaku rybožravých predátorů představuje intenzivní chov reálnou možnost zvýšení jejich produkce.

Cílem práce bylo testovat vliv různých úrovní nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst u síha peledě (*Coregonus peled*). Ryby byly chovány v podmínkách normoxických (nasycení vody 80-95 %), hyperoxických (145-155 %) a hypoxických (55 - 65 %). Navíc bylo provedeno měření spotřeby kyslíku při různých teplotách vody u hmotnostního spektra ryb od 4,5g do 20g.

2. Literární přehled

2.1 Obecná biologická charakteristika síha peled'e

2.1.1 Taxonomické zařazení

Síh peled' je zařazen do taxonomického systému následovně:

Říše: Animalia (živočichové)

Kmen: Chordata (strunatci)

Třída: Actinopterygii (paprskoploutví)

Řád: Salmoniformes (lososotvární)

Čeleď: Salmonidae (lososovití)

2.1.2 Popis

Stříbřité tělo je vysoké, ústa koncová, spodní čelist poněkud přehnutá před horní. Zejména u starších jedinců se hřbetní část těla za zátylkem obloukovitě zdvihá vzhůru. Maximální výška těla tvoří v průměru 24% délky těla. Šupiny jsou snadno opadavé. Spolehlivé určení mnohých jedinců není jednoduché vzhledem ke křížení se síhem marénou (*Coregonus lavaretus maraena*) (jeden z uváděných znaků je počet žaberních tyčinek, kterých má peled' 46 – 69 a maréna jen 20 – 39). Hochman (1987) uvádí počet tyčinek na žaberním oblouku u peledě 48 – 68, zatímco u marény 24 – 32. Hřbet, hlava a ploutve jsou u peledě tmavé, neboť okraje šupin i jejich báze jsou temně pigmentovány. Břicho i boky těla jsou světle stříbřité. Na hřbetní ploutvi se nachází množství černých skvrnek rozmístěných v několika řadách (tyto skvrnky u marény chybějí). Síh peled' dorůstá do délky 55 cm a hmotnosti 2-2,5 kg (vzácně až 5-6 kg). Dožívá prokazatelně 8 let, věk zřejmě může být i vyšší (Hanel, 2001; Hanel, Lusk, 2005).

V porovnání s marénou je peled' adaptabilnější na různé podmínky, snáší teploty až do 28 °C. Tradičně je chován v polykultuře s kaprem, kde si i při hustší obsádce kapra dokáže udržet vyhovující růst, takže v takovýchto podmínkách roste lépe, než maréna, snižuje však výrazně růst kapra. Má poměrně měkkou, při konzumní (tepelné) úpravě rozpadavou svalovinu s vysokým obsahem tuku, vhodnou k uzení jen při umělém zpevnění trupu. Peled' má silně vyvinutý migrační pud. Plodnost je ve srovnání se

marénou více než dvojnásobná, má proto i menší jikry (Hochman, 1987; Pokorný a kol., 1998).

Peleď se často kříží s marénou záměrně pro produkci hybridů (Hanel, Lusk, 2005). Kříženci obou druhů mají velmi dobrý růst, v externích i hospodářských vlastnostech projevují matroklinní efekt. Jsou plodní, a proto se nesmějí používat k provozní umělé reprodukci (Hochman, 1987).

V areálu původního rozšíření vytváří tažné a stálé formy. Žije v hejnech a preferuje hlubší části volných vod. Pouze v období rozmnožování vyhledává mělčiny. K výtěru dochází v jeho domovině od září do ledna při teplotě vody 0-8 °C. U nás k ovulaci jiker dochází v období konec listopadu – polovina prosince. V našich podmínkách se peleď obvykle přirozeně nerozmnožuje a jeho reprodukce je zajišťována umělým výtěrem (první úspěšný výtěru u nás se uskutečnil v roce 1971) (Hanel, Lusk, 2005; Hochman, 1987).



Obr. č. 1. Dospělí jedinci síha peledě. Nahoře mlíčák, dole jikernačka.

Pohlavní rozdíly jsou vyjma období výtěru nezřetelné. U samců se v době tření objevuje třecí vytráčka, která však někdy může být patrná i u samic (Hanel, 2001).

Na samici připadá 24 000 – 145 000 jiker, které mají kulatý až oválný tvar a velikost 1,5 – 2 mm (po nabobtnání se průměr zvětší) (Hanel, 2001).

Konzumní hmotnosti dosahuje většinou již ve 2. roce. V 1. roce života dorůstá délky 15 až 25 cm, ve 2. roce 30 až 40 cm, přičemž váží 400 až 700 g. Mlíčáci i jikernačky pohlavně dospívají většinou ve 2. roce. Pro potřeby umělého výtěru se používají generační ryby ve věku od 3 do 5 let (Pokorný a kol., 1998).

2.1.3 Výskyt

Síh peleď pochází se severní Sibiře, byl k nám dovezen v roce 1970 (Hochman, 1987; Hanel, Lusk, 2005).

Původní rozšíření tohoto druhu je na území bývalého SSSR, ohraničeném řekami Mezeň na západě a Kolymou na východě. V současnosti je uváděn výskyt z řady evropských států, a to především v důsledku introdukcí: např. Belgie, Bulharsko, Česká republika, Estonsko, Finsko, Německo, Maďarsko, Lotyšsko, Polsko, Rumunsko, Rusko, Srbsko a Černá hora, Slovensko, Švédsko, Ukrajina (Hanel, Lusk, 2005).

Jedná se o demerzální, anadromní, euryhalinní druh sladkých i brakických vod, místy proniká i do moře. Žije v jezerech a řekách (Hanel, Lusk, 2005).

Vyhovují mu podmínky některých rybníků a uplatňuje se i v řadě údolních nádrží (např. Lipno, Jesenice, Želivka, Podhora). Je znám z povodí Labe, Odry i Moravy. V roce 1972 se podařilo získat poprvé i mezidruhovú křížence (mezi samci peledě a samicemi marény, později i oboustranné křížence). Následné živelné a nekontrolovatelné šíření kříženců vedlo u nás nejen ke ztrátě genetického typu, ale i ke zhoršení plemenářské kvality používaných generačních ryb. Druh se začlenil do sestavy významných vedlejších druhů ryb chovaných v rybnících. V podmínkách některých nádrží se i přirozeně rozmnožuje (Hanel, Lusk, 2005).

2.1.4 Potrava

Peleď je ve volných vodách filtrátorem zooplanktonu (Hochman, 1987). Oba síhové (maréna i peleď), a jejich u nás běžní hybridy, jsou považováni za planktonofágy,

přičemž u peledě se předpokládá, že tato potravní orientace je silnější (Hanel, Lusk, 2005).

Plůdek se živí drobnými korýši, u vzrostlých jedinců převažuje v potravě zooplankton, loví však též larvy hmyzu, vodní plošnice, měkkýše a náletovou potravu. Občas uloví i drobné rybky. Potravu přijímá celý rok (Hanel, Lusk, 2005; Pokorný a kol., 1998).

V podmínkách intenzivní akvakultury je v současné době krměn vysokoenergetickými krmivy určenými pro chov velkých pstruhů duhových. Během růstové fáze tyto diety obvykle obsahují přibližně 40% bílkovin a 30% lipidů (Vielma a kol., 2003). Detailní informace o kvantitativních i kvalitativních nutričních nárocích tohoto druhu zatím chybí.

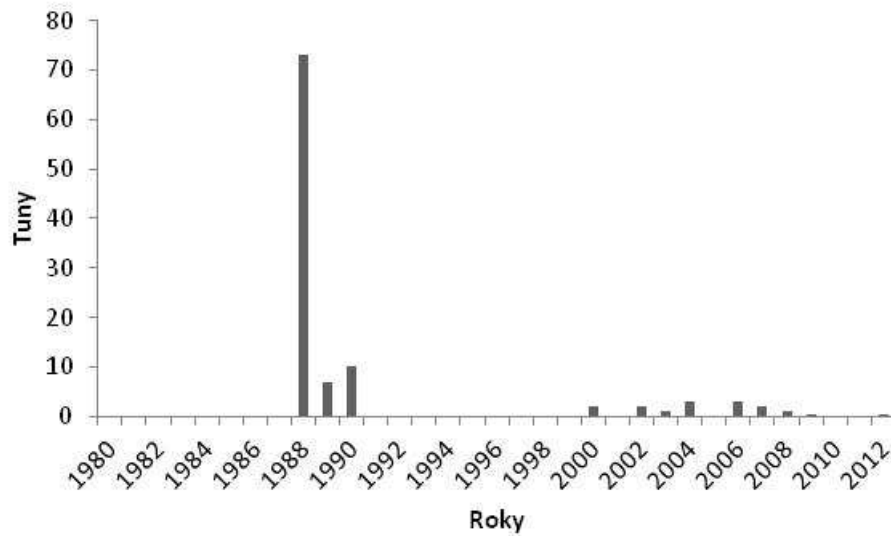
2.2 Význam síha peledě

Peleď je ceněn jako doplňkový rybníční druh (Hanel, Lusk, 2005). Přisazuje se do kaprových rybníků, kde díky malé potravní konkurenci s kaprem přispívá k lepšímu využití potravní nabídky. V těchto rybnících lze dosáhnout produkce peledě 100-300 kg.ha⁻¹. Vyniká kvalitním, chutným a tučným masem (10 % i více tuku). Proto se také zpracovává uzením. Na udici je loven jen občas (Hanel, Lusk, 2005; Pokorný a kol., 1998).

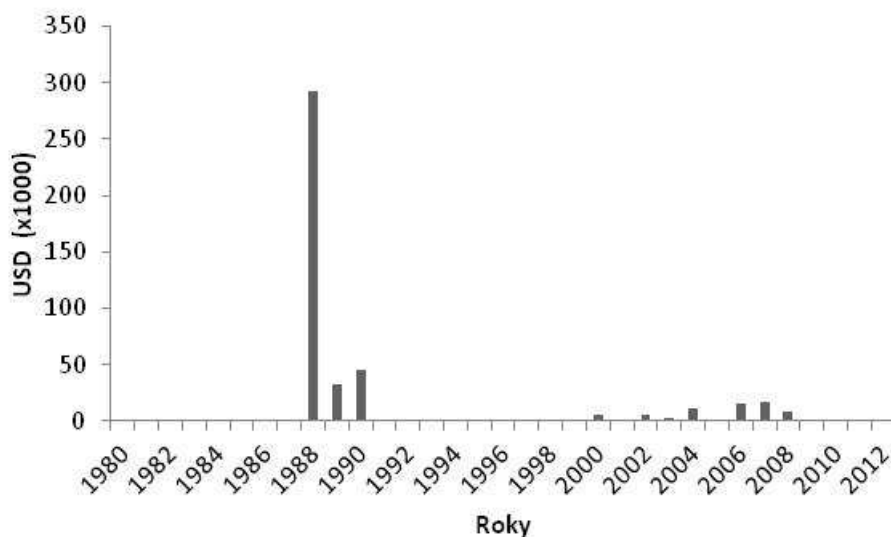
Vzhledem k vysokým ztrátám, na nichž se od konce dvacátého století vedle vysokých obsádek kapra podílí ve zvyšující se míře predanční tlak kormorána velkého (*Phalocorcorax carbo*), došlo k výraznému poklesu produkce síhů v ČR a některé podniky dokonce přestaly z uvedených důvodů síhy v rybnících chovat (Kouřil a kol., 2008).

Síh peleď je vysoce ceněná lososovitá ryba s bílým masem a bez svalových „Y“ kostic, a ačkoli je jeho současná komerční produkce relativně malá, má potenciál, aby se stal významným obchodním druhem akvakultury. Ve Finsku se produkce příbuzného síha severního (*Coregonus lavaretus*) zvýšila v průběhu posledních 5 let z asi 50 na 1000 tun, a předpokládá se, že v blízké budoucnosti dosáhne 4000 tun (Jobling kol., 2010). Tento síh ve větší hmotnostní kategorii (více než 800 g) má ve skutečnosti vyšší tržní hodnotu než pstruh duhový (Nylander, 2008), což z něj dělá atraktivní alternativní druh pro chovatele ryb. Celosvětová produkce a celosvětová hodnota produkce síha

peledě jsou znázorněny v grafech (Obr. č. 2, Obr. č. 3). Přes vysokou spolehlivost statistik FAO v případě většiny hospodářských druhů ryb, se však mohou zdát tyto údaje značně podhodnocené. Jedním z důvodů může být to, že produkce síhů se často v některých zemích udává jako celková produkce marény a peledě, někdy také pouze jako celková produkce všech druhů tohoto rodu.



Obr. č. 2. Celosvětová produkce síha peledě od roku 1980 do roku 2012 (www.fao.org)



Obr. č. 3. Hodnota celosvětové produkce síha peledě od roku 1980 do roku 2012 (www.fao.org)

2.3 Chov síha peledě v intenzivních podmínkách

2.3.1 Historie chovu v různých produkčních systémech

S ohledem na dostatečně rychlý růst obou druhů síhů, kteří dosahují při správně založené obsádce již ve druhém roce tržní velikosti, se záměrný odchov dvouletého násadového materiálu neprovádí s výjimkou plánované potřeby remontních ryb pro plemenářské účely. Pokud se však v provozu v důsledku vyšší obsádky a zhoršených potravních podmínek sloví dvouleté ryby menších rozměrů, které nejsou tržně realizovatelné, použijí se ještě znovu na nasazení rybníků (Hochman, 1987).

Tržní ryby obou druhů síhů, resp. jejich užitkových hybridů, se odchovávají ve věku 2 – 3 let v hlavních rybnících v polykultuře s kaprem, a to v obsádce, která obvykle odpovídá požadovanému přírůstku (produkci) těchto druhů v rozmezí 30 – 150 kg.ha⁻¹. Jen výjimečně lze požadovat vyšší hektarový přírůstek síhů (do 300 kg.ha⁻¹), např. v rybnících více eutrofizovaných (s chovem kachen), který však již jde na vrub ekonomicky výhodnějšího přírůstku kapra. Obsádka síhů, především peledě, vhodně zvolená podle produkční schopnosti rybníka, může zvýšit jeho celkovou produkci využitím drobné zooplanktonní potravy, nevyužitelné kaprem. Přesazení rybníka peledí však může způsobit pokles kusového i celkového přírůstku kapra. Do rybníku s vysokou intenzitou produkce kapra není vhodné síhy přisazovat (Hochman, 1987).

Ztráty z vysazených ročků do kategorie tržní ryby činí za normálních podmínek 20 – 30 % a zvyšují se možností úniku ryb a úhynem při zvýšených teplotách a při nízkém obsahu kyslíku v létě i pod ledem. Ztráty z vysazených půlročků činí cca 30 – 40 %, z rychleného plůdku cca 50 %, z embryí 50 – 95 % podle výskytu nepříznivých vlivů (přítomnost buchaneč, možnost úniku, nepříznivé hydrochemické poměry). Plůdek mladší 1 roku je na získávání tržních ryb vhodné vysazovat do dvouhorkových rybníků (na dva roky) (Hochman, 1987).

K produkci většího množství konzumních síhů je v současných podmínkách zhoršujícího se rybničního prostředí vhodnější peled' (případně její užitkoví hybridi s marénou), než maréna. Ta je vhodná jedině do chladnějších, méně eutrofních rybníků. Odchov síhů by se měl usměrňovat tak, aby pro exportní účely se dosahovala nižší hmotnost 400 – 700 g, pro vnitřní trh nad 700 g (Hochman, 1987).

2.3.2 Metody reprodukce

Pro umělý výtěr se vybírají u peledě dobře vyvinuté ryby staré 2 – 4 roky. S ohledem na vyšší plodnost jsou v uvedeném rozmezí vhodnější ryby starší, o vyšší kusové hmotnosti 0,8 – 1,5 kg. Samci jsou vždy přibližně o jednu čtvrtinu lehčí, než samice (Kouřil a kol., 2008).

Pro umělý výtěr je třeba zajistit ryby v poměru pohlaví 1:1,5 ve prospěch mlíčáků, protože samci dávají velmi malý objem mlíčí (Kouřil a kol., 2008).

Reprodukce obou druhů je založena na umělém výtěru přirozeně dozrálých ryb bez umělého ovlivňování (stimulace) ovulace. Hormonální stimulací je však možno výtěr generačního hejna synchronizovat a lépe organizovat práci na líhni (Švinger a Kouřil, 2012).

Samce (mlíčáky) sňů lze před výtěrem spolehlivě rozlišit od samic podle štíhlého tvaru těla, výrazně vyvinuté „třecí vyrážky“ a podle výronu mlíčí při stlačení břišní dutiny, samice (jikernačky) podle objemnější části těla. K ovulaci jiker dochází u jikernaček peledě po poklesu teploty pod 3 °C obvykle v první polovině prosince. Samci produkují v tomto období největší množství mlíčí. Ke zjištění zralých samic s uvolněnými jikrami je nutná ve výtěrovém období pravidelná kontrola přechovávaných generačních peledí v intervalu nejvíce 2 dny. U samic peledě se často projevuje po náhlém silném ochlazení hromadná ovulace většiny ryb ve velmi krátkém období, zvláště za přítomnosti samců. Pokud nejsou tyto ryby při nedostatečné kontrole zralosti okamžitě vytřeny, dochází u nich k vypuzení (výtěru) jiker, které se stávají neschopné oplození (Kouřil a kol., 2008).

Vlastní umělý výtěr sňů je zcela shodný s umělým výtěrem lososovitých druhů ryb, jehož technika provádění je všeobecně známa. Po styku s vodou jikry bobtnají a zvětšují svůj objem. U jiker peledě se ve vodě alkalické reakce vyvíjí mírná lepkavost, čemuž lze zamezit umělou úpravou pH vody, protékající inkubačními lahvemi, slabě pod neutrální reakci (Kouřil a kol., 2008).

Od jedné jikernačky je možno získat 40 až 70 tis. jiker. Jejich průměrná velikost se pohybuje v rozmezí 2,0 až 2,5 mm. Barva bývá žlutá až žlutooranžová. Inkubační doba je 160 až 200 d° (Pokorný a kol., 1998).

Peled' se líhne buď v Zugských nebo častěji v Kannengieterových lahvích o objemu 8 až 10 l. Do láhve se nasazuje 2 až 5 l nabobtnalých jiker (v jedné láhvi lze inkubovat

až 600 tis. kusů jiker). Průtok vody lahví je třeba postupně zvyšovat z 1 na 4 l za minutu ke konci inkubace (Pokorný a kol., 1998).

2.3.3 Metody odchovu larev a juvenilních ryb

Odchov plůdku síhů v rybnících či sádkách vyžaduje dostatek přirozené potravy, zpočátku menších rozměrů (zooplankton), plůdek lze rovněž odkrmit krmivou používanými při odkrmu plůdku pstruha, avšak jemnějšího zrnění (Kouřil a kol., 2008).

Potravu tvoří různé druhy vířníků (*Rotatoria*), naupliová stadia klanonožců (*Copepoda*) a teprve později raná vývojová stadia různých druhů perlooček (*Cladocera*) a larev pakomárů (*Chironomidae*) (Baruš a Oliva, 1995).

Líhnoucí se váčkový plůdek se zpravidla nechá přeplavit do síťových vložek (kolíbek) z monofilu nebo uhelony, umístěných ve žlabech nebo jiných nádržích (Pokorný a kol., 1998).

Váčkový plůdek peledě se líhne po uplynutí si 160 až 200 d^oa zpravidla zůstává na líhni pod dobu 5 až 7 dní, kdy stráví 1/3 až 1/2 žloutkového váčku a začíná přijímat potravu. Po této době se vysazuje k dalšímu odchovu do speciálních zařízení nebo přímo do rybníků zpravidla v dubnu. Je výhodné, je-li teplota vody během inkubace co nejnižší, aby ke kuliní embryí docházelo později, kdy jsou teplotní a především potravní podmínky v rybnících příznivější (Pokorný a kol., 1998).

Váčkový plůdek síhů je velice brzy po vykuliní pohyblivý. Přijímat potravu začíná po ztrátě 1/2 žloutkového váčku, což je zpravidla 5. až 7. den po vykuliní. V této době je nutno začít plůdek rozkrmovat nebo vysadit do vhodných nádrží s přirozenou potravou. Do žlabů se zpravidla vysazuje 50 tis. kusů váčkového plůdku. V průběhu počátečního odchovu je nutno obsádku postupně ředit (Pokorný a kol., 1998).

Pro rozkrmování se využívá většinou živý, tříděný zooplankton, v pozdějším období se postupně přechází na krmné směsi pro lososovité ryby. Těmito krmivou lze zajistit až 80 % denní krmné dávky. Důležitou podmínkou úspěšného chovu je udržení optimálních podmínek prostředí. Významné je i postupné zvyšování teploty až na optimálních 15 °C. Po 4 až 5 týdnech odchovu dosahuje plůdek délky 3 až 3,5 cm a je vysazován do vhodných nádrží (rybníků) na odchov násad, nebo ve žlabech zůstává a odchovává se dále až do stáří púlročka. Ztráty v průběhu počátečního odchovu činí 15 až 20 % (Pokorný a kol., 1998).

2.3.4 Optimální chovné podmínky

Peled' vyžaduje v podstatě stejné podmínky jako maréna, na rozdíl od ní však snáší značné výkyvy teplot (v rozsahu od 0 do 28 °C). Nejvyšší přírůstky vykazuje při teplotách 14 až 21 °C, za předpokladu dostatečného množství kyslíku ve vodě. Siikavuopio a kol. (2012) ve své studii uvádí, že optimální teplota pro chov síha je spíše někde mezi 15 a 18 °C, než mezi 18 a 21 °C. Jobling a kol. (2010) uvádí, že doporučená teplota pro maximální růst síha by měla být mezi 12 a 18 °C. Díky tomu, že intenzivní chov peledě je prozatím ve fázi prvotních testování, nejsou k dispozici data o optimálních hodnotách abiotických parametrů, jako je hustota obsádky, denní krmná dávka, frekvence krmení apod.

2.4 Spotřeba kyslíku u ryb chovaných v intenzivních podmínkách

V intenzivním chovu ryb se mohou vyskytovat akutní poklesy koncentrace kyslíku ve vodě, zejména jsou-li ryby chovány ve vysokých hustotách. Zvláštní pozornost je věnována kyslíku, protože je známo, že jeho okolní koncentrace má vliv na růst, spotřebu krmiva a fyziologický stav ryb (Jobling, 1994).

Aplikace kyslíku může zvýšit produkční kapacitu rybí farmy a systémy doplňující kyslík do vody jsou instalovány na mnoha intenzivních sladkovodních i mořských rybích farmách (Person-Le Ruyet a kol., 2002).

Experimenty provedené na ročkovi sivena amerického, juvenilním okounkovi pstruhovém (*Micropterus salmoides*) a plůdku lososa kisuče (*Oncorhynchus kisutch*), naznačují, že růst je ještě více snížen kolísáním obsahu kyslíku než vystavením ryb konstantní střední úrovni nasycení vody kyslíkem (Stewart a kol., 1967; Whitworth, 1968; Brett, 1979).

Pichavant a kol. (2002) zkoumali efekt hypoxie na růst a metabolismus juvenilní kambaly velké (*Scophthalmus maximus*). Uvádí, že vylučování dusíku a spotřeba kyslíku krmných ryb byly podstatně vyšší v normoxii než v hypoxii, ale po 7 dnech sníženého krmení byla spotřeba kyslíku podobná v normoxii i hypoxii. Jejich výsledky naznačují, že kambala má schopnost přizpůsobit se relativně nízké koncentraci kyslíku okolního prostředí.

V dalším pokusu se Pichavant a kol. (2001) zabývali účinky dlouhodobé hypoxie na růst, krmení a spotřebu kyslíku u juvenilních kambal velkých a mořčáka evropského (*Dicentrarchus labrax*). Běžná spotřeba kyslíku ryb krmených do nasycení byla vyšší v normoxii než hypoxii v důsledku poklesu příjmu potravy v hypoxii. Z toho vyplývá, že snížení příjmu potravy může být nepřímý mechanismus, kterým prodloužená hypoxie snižuje růst kambal a mořčáka, a může to být způsob ke snížení spotřeby energie a tím i spotřeby kyslíku.

Některé druhy ryb vykazují únikovou reakci na snižující se obsahu kyslíku a tím zvyšují spotřebu energie i kyslíku pro pohybové aktivity (Jones, 1952; Kramer, 1987; Waller a kol., 1997).

2.5 Vliv různé hladiny nasycení kyslíku na růst a fyziologické parametry ryb

2.5.1 Vliv hyperoxie na růst a fyziologické parametry ryb

Mnoho chovatelů ryb zastává názor, že vyšší než normální hladiny kyslíku vedou ke zvýšenému růstu a zlepšení konverze krmiva (Person-Le Ruyet a kol., 2002).

Person-Le Ruyet (2002) studovala účinky přesycení vody kyslíkem na metabolismus a růst u juvenilní kambaly velké. Když byly ryby chovány po dobu 30 dnů ve vodě s nasycením kyslíkem na úrovni 147% a 223%, nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v příjmu krmiva, růstu, konverzi krmiva nebo využití bílkovin ve srovnání s rybami vystavenými normoxii (100% nasycení vzduchu). Expozice ryb v hyperoxii měla za následek zvýšené ukládání tělesného tuku. Míra denní spotřeby kyslíku nekrmených ryb nebyla ovlivněna koncentrací kyslíku, a nebyly zjištěny žádné významné rozdíly exkreci amoniaku u ryb vystavených různým koncentracím kyslíku. Kambala tolerovala vysokou hyperoxii a to až 350% nasycení kyslíkem po dobu 10 dnů.

Při hodnocení vlivu hyperoxie a hyperkapnie (přesycení oxidem uhličitým) u lososa obecného (*Salmo salar*) byly testovány tři různé úrovně saturace vody kyslíkem 93 %, 111 %, 123 %. Během pokusu se teplota vody pohybovala od 6,4 do 9 °C. Na konci období vykázala skupina chovaná při 123 % nasycení kyslíkem vyšší růst oproti ostatním skupinám. Konečná průměrná hmotnost ryb v jednotlivých nádržích byla následující: 123 % - 85,0 g, 111 % - 80,5 g, 93 % - 78,0 g. Při statistickém porovnání

však byly rozdíly díky vysoké variabilitě neprůkazné. Závěrem této práce je pozitivní působení mírné hyperoxie (120 %) na růst kambaly (Hosfeld a kol., 2008).

Pstruh duhový chovaný v podmínkách líhně byl ve dvou samostatných studiích vystaven hyperoxiím trvajícím 67 a 73 dní, Hladina hemoglobinu u experimentálních ryb chovaných při nasycení vody kyslíkem 147 až 220 % byla o 7,8 - 8,7 % nižší než u kontrolních ryb chovaných při nasycení vody kyslíkem 66-74 %. Hematokrit experimentálních ryb byl rovněž o 3,1 - 5,7 % nižší než u kontrolních ryb. Ryby chované v hyperoxických podmínkách se nelišily v růstu, přežití, ani chování od ryb chovaných v kontrole. Ryby vystavené hyperoxii byly schopné rychle reagovat snížením hodnoty hemoglobinu a hematokritu na úroveň srovnatelnou s kontrolou po té co byl zastaven přídatný přívod kyslíku (Jewett a kol., 1991).

Vliv nasycení vody kyslíkem byl zkoumán u candáta obecného (průměrná kusová hmotnost 10,3 g), navyklého na příjem umělého krmiva v průběhu 82 dnů. Tři různé hladiny nasycení vody kyslíkem byly testovány ve třech opakováních: nízká (L) - nasycení 55 - 65% O₂, normální (N) - nasycení 85 - 95% O₂ a vysoká (H) - nasycení 145 - 155 % O₂. Ryby byly chovány v nádržích speciální konstrukce umožňujících odběr a kvantifikaci nespotřebovaného krmiva. Ryby byly krmeny ručně ad - libitum a množství nespotřebovaného krmiva bylo kvantifikováno dvakrát denně. Příjem krmiva, rychlost růstu a koeficient konverze byly významně ovlivněny hladinou kyslíku. Růst byl spojen s příjmem krmiva. Konečná průměrná kusová hmotnost H skupiny (48,9 ± 18,2 g) byla významně vyšší než ve skupině N (40,2 ± 13,1 g) a L skupině (34,5 ± 10,5 g). Rozdíl mezi N a L skupinami byl signifikantní. Stejně tak byly významné rozdíly mezi všemi skupinami v koeficientu konverze krmiva, u skupiny H 0,85 ± 0,03, 0,95 ± 0,05 u N skupiny a 0,99 ± 0,02 u L skupiny. Výsledky ukázaly, že zvýšení nasycení vody kyslíkem až do 150 % by mohlo mít při chovu candáta pozitivní vliv (Stejskal a kol., 2012a; Stejskal a kol., 2012b).

2.5.2 Vliv hypoxie na růst a fyziologické parametry ryb

Je známo, že nízké koncentrace kyslíku mohou měnit (snižovat) rychlost růstu, využití krmiva, a obecně metabolismus ryb (Brett, 1979, Jobling, 1994), ale dlouhodobé účinky snížení koncentrací kyslíku byly testovány pouze u několika druhů ryb jako je pstruh duhový, losos kisuč, losos nerka (*Oncorhynchus nerka*), mořčák pruhovaný (*Morone saxatilis*), jeseter bílý (*Acipenser transmontanus*) a tlamoun nilský

(*Oreochromis niloticus*) (Brett a Blackburn, 1981; Cech a kol., 1984; Pedersen, 1987; Van Dam a Pauly, 1995).

Konstantní obsah kyslíku pod kritickou úrovní snižuje spotřebu krmiva rybami, růst a účinnost konverze krmiva (FCE) (Jobling, 1994).

Podle Bretta (1979) působí kyslík na růst jako "omezující faktor" a předpokládá se, že snížený příjem krmiva v rámci hypoxie je adaptací na omezenou transportní kapacitu kyslíku (Fry, 1971; Webb, 1978; Jobling, 1994).

Nižší růst a účinnost konverze krmiva za hypoxických podmínek jsou přímým důsledkem sníženého příjmu krmiva, ale svoji roli mohou hrát také zvýšené energetické náklady na dýchání a srdeční činnost (Booth, 1979; Randall, 1982; Borch a kol., 1993; Rantin a kol., 1993; Cruz-Neto a Steffensen, 1997).

Při dlouhodobé hypoxii může ryba využít několik fyziologických mechanismů pro kompenzaci snížení dostupnosti kyslíku. Například kapr obecný (*Cyprinus carpio*) reaguje zvýšením dechové frekvence (Lomholt a Johansen, 1979; Glass a kol., 1990) a pstruh duhový může zvýšit koncentraci hemoglobinu (Soivio a kol., 1980).

Thetmeyer a kol. (1999) zkoumali ve svém pokusu růst morčáka evropského za hypoxických a oscilačních (střídavá hypoxie) kyslíkových podmínek. V průběhu pokusu všechny ryby přežily a přibraly na hmotnosti, ale vzhledem ke kontrole spotřeboval mořský okoun vystavený hypoxickým podmínkám výrazně méně krmiva, vykazoval snížený růst, a měl nižší kondiční koeficient. Skupiny, kde hladina kyslíku oscilovala, byly z hlediska hmotnosti průměrné a statisticky se nelišily od normoxických nebo hypoxických skupin. Účinnost konverze krmiva a variabilita v individuální hmotnosti nebyly významně ovlivněny kyslíkovými poměry. Růst byl v korelaci s příjmem krmiva, což naznačuje, že zpomalený růst v hypoxických nebo oscilačních podmínkách je především důsledkem snížení chuti k jídlu a ne snížení konverze krmiva.

Chabot a Dutil (1999) ve svém studiu zaměřeném na vliv hypoxie u tresky obecné (*Gadus morhua*) při hypoxických podmínkách zjistili, že hypoxie snížila příjem krmiva.

Při vystavení hypoxii snížil juvenilní jeseter bílý rychlost spotřeby kyslíku. Snížené spotřeby kyslíku při hypoxii může být dosaženo zčásti významným snížením pohybové aktivity (Crocker a Cech Jr., 1997).

Papoutsoglou a Tziha (1996) studovali vliv koncentrace rozpuštěného kyslíku na růst tilápie (*Oreochromis aureus*). Průměrná tělesná hmotnost těchto ryb se zvýšila v

závislosti na koncentraci rozpuštěného kyslíku (testované skupiny 31 %, 45% a 78% nasycení), nejlepší krmný koeficient vykazaly ryby ve skupině se střední hladinou rozpuštěného kyslíku. Ze závěrů práce vyplývá, že nejnižších nákladů na krmení při masové kontrolované produkci tilápie by mohlo být dosaženo při relativně nízké koncentraci rozpuštěného kyslíku, v jednoduchých recirkulačních akvakulturních systémech.

2.6 Vliv různých faktorů na spotřebu kyslíku

2.6.1 Hmotnostní závislost spotřeby kyslíku

Ryby, stejně jako suchozemská zvířata, potřebují kyslík pro basální metabolismus, pohyb, trávení krmiva a biosyntézu. Koncentrace kyslíku ve vodě však může být v některých případech až 30krát nižší než ve vzduchu. Kromě toho je kyslík rybami přijímán přímo přes žaberní plochu, jejíž plocha je však v poměru k tělu poměrně malá (Tran-Duy a kol., 2008).

Pauly (1981) předpokládal, že ryby přestanou přijímat krmivo, pokud příjem kyslíku neodpovídá spotřebě kyslíku. Dále uvádí, že maximální spotřeba kyslíku na jednotku tělesné hmotnosti je menší u větších ryb než u malých ryb, protože plocha žaber je alometricky závislá na tělesné hmotnosti. Proto i maximální příjem krmiva na jednotku tělesné hmotnosti je menší u velkých ryb než malých ryb.

2.6.2 Teplotní závislost spotřeby kyslíku

Obecně platí, že v podmínkách nižší teploty vody je spotřeba kyslíku nízká i přes jeho vysokou dostupnost (Buentello a kol., 2000).

Mallekh a Lagardère (2002) se ve svém pokusu věnovali vlivu teploty a koncentrace rozpuštěného kyslíku na metabolismus kambaly velké. Maximální spotřeba kyslíku se u kambaly po krmení zvýšila ze 107 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 6 °C až na cca 218 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 18 °C, poté se mírně zvýšila až na 224 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 22 °C. Průměrná spotřeba kyslíku se zvýšila exponenciálně v závislosti na teplotě v rozmezí od 11 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 6 °C do 66 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 22 °C.

Waller (1992) při svém výzkumu u kambaly velké zjistil, že nejvyšší spotřeba kyslíku 100g jednotlivců (hmotnost 100 g) byla při teplotě blízké se jejich optimální teplotě pro růst.

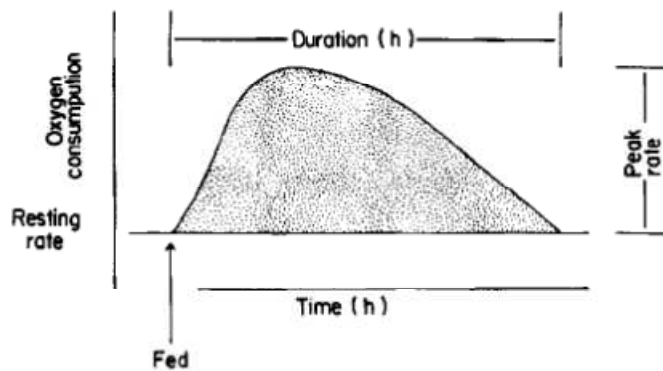
2.6.3 Vliv množství a kvality krmiva na spotřebu kyslíku

Wunderlich a kol. (2011) zaznamenali ve svém pokusu zabývajícím se vlivem denní krmné dávky na potřebu kyslíku juvenilního síha severního nejnížší spotřebu kyslíku ($192,9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) u skupiny ryb krmených nejnížší krmnou dávkou.

Bylo prokázáno, že mezi rozhodující faktory ovlivňující míru spotřeby kyslíku po nakrmení patří množství krmiva, kvalita krmiva a teplota prostředí (Jobling, 1981).

2.6.4 Denní fluktuace spotřeby kyslíku

Po nakrmení se spotřeba kyslíku zvyšuje a pak se postupně snižuje až na základní úroveň. (Jobling, 1981). Ve své studii uvádí schéma spotřeby kyslíku po nakrmení (Obr. č. 4)



Obr. č. 4. Schematické znázornění spotřeby kyslíku po nakrmení (Jobling, 1981)

3. Materiál a metodika

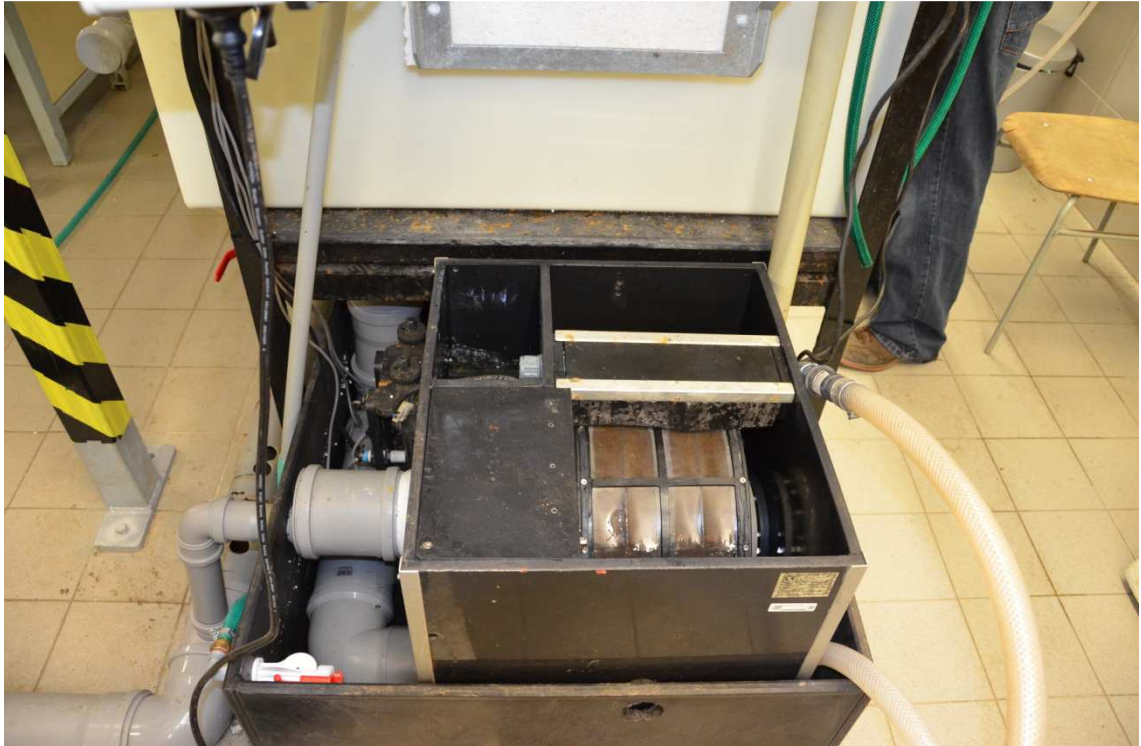
3.1 Získání a odchov larev peledě pro vlastní experimenty

Jikry síha peledě byly převezeny ve stádiu očních bodů z líhně rybářství KINSKÝ a.s. Kulení probíhalo v malém systému vybaveném chladičem HAILEA 1000A při teplotě 6-8 °C. Larvy peledě byly poté přeplaveny na odkulovací žlaby, kde odchov probíhal až do hmotnosti $3,1 \pm 0,8$ g. Třetí den po vykulení byla larvám podávána nauplia Artémie v nadbytku. Od 20. dne po vykulení byla rybám předkládána kompletní krmná směs BIOMAR INICIO PLUS G (granulace 0,4 mm), které bylo podáváno až do ukončení první fáze odchovu.

3.2 Experiment – Vliv nasycení vody kyslíkem na růst a hematologické ukazatele u juvenilních peledí

3.2.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb

Vlastní experiment pro testování vlivu nasycení vody kyslíkem na růst a zootechnické parametry juvenilních peledí probíhal v recirkulačním systému s celkovým objemem vody 2380 l, jehož součástí byl mechanický bubnový filtr Ko Collection KC-10 (Obr. č. 5), usazovací nádrž (objem 900 l), biologický ponořený filtr o objemu 1000 l jehož náplní bylo filtrační médium Bioakvacit (PPI 10) a Ratz (BT 10). Kromě technologie, která k recirkulačnímu systému náleží, byl systém vybaven směšovačem vody s kyslíkem vlastní konstrukce (Obr. č. 6), průtokovým chladičem (Hailea 1000A), aparátem pro vytěsnění kyslíku z vody pomocí N₂ (stejná konstrukce jako směšovač vody s kyslíkem). Průtok vody byl v každé nádrži nastaven na 80 l za hodinu, což odpovídá obměně vody v nádrži 2x za hodinu. Světelný režim byl nastaven na 12 h světlo/12 h tma (7:00-19:00) s intenzitou světla na hladině nádrží 110 – 140 luxů.



Obr. č. 5. Pohled na otevřený mechanický bubnový filtr.



Obr. č. 6. Pohled na směšovače vody s kyslíkem vlastní konstrukce, tlakové lahve s kapalným O_2 a N_2 a systém regulace.

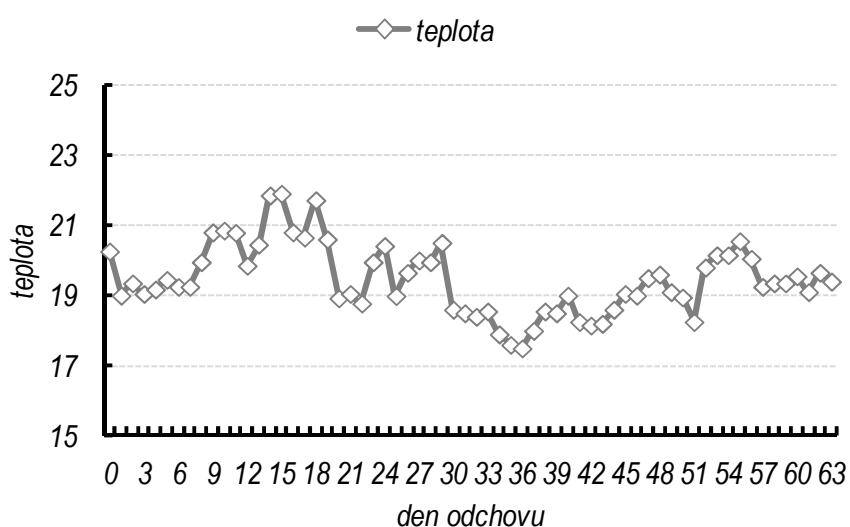
Experimentální systém se skládal ze dvou řad odchovných plastových nádrží speciální konstrukce o objemu 40 l (běžný užitný objem 60 l byl pro účely této práce snížen na 40 l). Nad a pod chovnými nádržemi byly umístěny biologické a usazovací (retenční) plastové nádrže. Odpadní voda z odchovných nádrží odtékala přepadem a samospádem do mechanického bubnového filtru, kde docházelo k odstraňování mechanických nečistot a následně do dolní retenční nádrže s přepážkami z bioakvacitových desek, která sloužila částečně jako usazovací a biologický filtr. Odtud byla voda nasávána pomocí čerpadla Grundfos Unilift KP150 do horní biologické nádrže. Z horní nádrže, pomocí samospádu, byla rozváděna voda do jednotlivých odchovných nádrží. Průtok vody byl regulován pomocí ventilů, které zakončovaly rozvodné potrubí. Vzduchování bylo provedeno pomocí vzduchovací lišty v zadní části nádrží. Vzduch byl rozveden pomocí akvaristických hadiček a vzduchovacích kamínků do jednotlivých nádrží (Obr. č. 7).

1	2	3	4	5	6
<i>HYPe A</i>	<i>HYPe B</i>	<i>HYPe C</i>	<i>HYPe± A</i>	<i>HYPe± B</i>	<i>HYPe± C</i>
85 ks	85 ks	85 ks	85 ks	85 ks	85 ks
7	8	9	10	11	12
<i>NORm A</i>	<i>NORm B</i>	<i>NORm C</i>	<i>HYPo A</i>	<i>HYPo B</i>	<i>HYPo C</i>
85 ks	85 ks	85 ks	85 ks	85 ks	85 ks

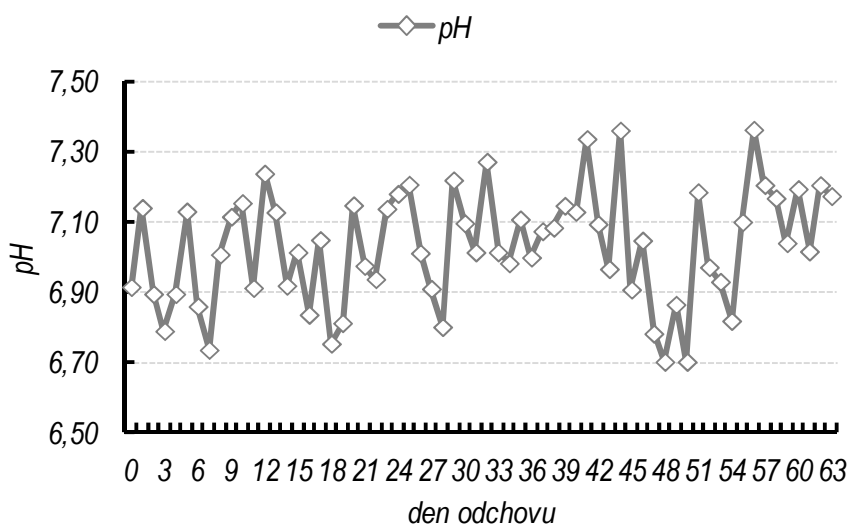
Obr. č. 7. Schématické znázornění uspořádání nádrží a umístění ryb.

Směšovací nádrže vlastní konstrukce se skládaly ze dvou vysokých válců (výška 3050 mm, průměr 250 mm) ke kterým byly připojeny tlakové láhve s kapalným O₂ a N₂. V těchto válcích docházelo ke směšování vody s O₂ a N₂ pomocí keramického disku (WEDGE-LOCK™, Point Four Systems) na potřebnou hladinu nasycení vody kyslíkem. Pro zvětšení kontaktní plochy pro rozpouštění kyslíku byly směšovače naplněny kostkami Bioakvacitu (PPI 20). Tlakové láhve byly vybaveny regulačními

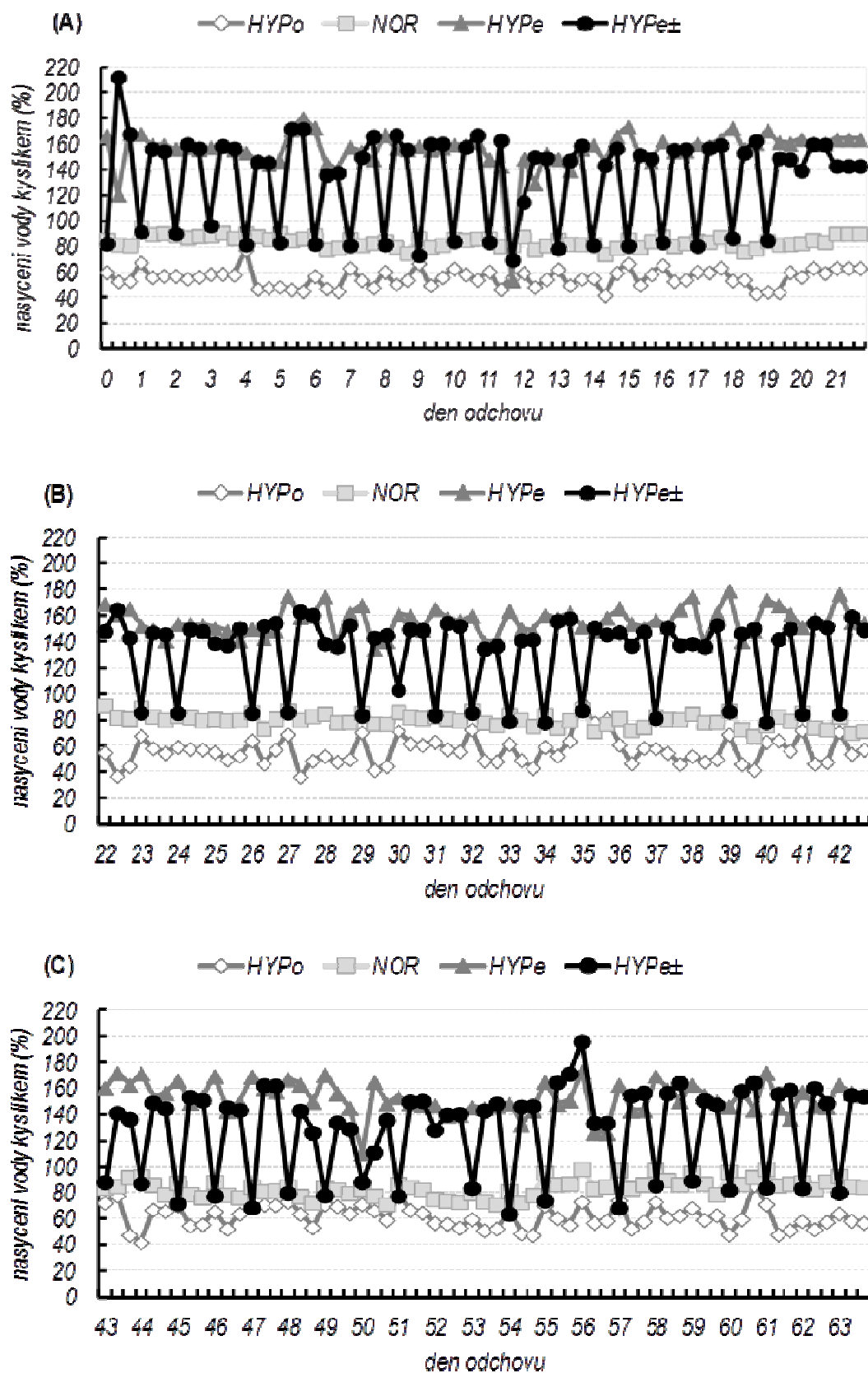
ventily s manometry, pro regulaci a monitoring tlaku a množství dodávaného plynu. Dalším způsobem regulace nasycení vody kyslíkem na požadovanou úroveň byl rozvod vzduchu v nádrži pomocí vzduchovací lišty. Normoxie (nasycení vody O₂ 85 -95 %) byla zajištěna intenzivní aerací vzduchem v zásobní nádrži. Hyperoxie (nasycení vody O₂ 145-155 %) byla získána aplikací čistého kapalného kyslíku, díky čemuž došlo k přesycení vody. Hypoxie (nasycení vody O₂ 55-65 %) byla získána aplikací kapalného dusíku, který z vody vytěšňuje O₂. Průběh nasycení vody kyslíkem a ostatních měřených parametrů vody (teplota, pH) během pokusu je znázorněn na Obr. č. 8, Obr. č. 9 a Obr. č. 10.



Obr. č. 8. Průběh teploty v recirkulačním systému během pokusu.



Obr. č. 9. Průběh pH v recirkulačním systému během pokusu.



Obr. č. 10. Průběh nasycení vody kyslíkem v jednotlivých experimentálních skupinách v prvním období (A), druhém období (B) a třetím období (C).

Odchovné nádrže měly následující rozměry: délka 900 mm, šířka 250 mm, výška 350 mm, objem 40 l (Obr. č. 11, Obr. č. 12). Tyto nádrže byly vyrobeny z polypropylenu, přední stěna byla z čirého ABS plastu a vrchní strana nádrží byla přikryta skleněnými a plastovými tabulemi. Nádrž byla rozdělena na dvě části. Přední větší část sloužila k vlastnímu odchovu ryb, zadní menší část byla kónicky zúžená směrem ke dnu a na konci zúžení byl umístěn kulový ventil pro odkalování exkrementů a nespotřebovaného krmiva. Tato zadní část byla od hlavní odchovné oddělená přepážkou s mezerou u dna. Touto mezerou, se proudem z přítoku, pohybem ryb a cirkulací vody v nádrži pomocí vzduchovací lišty, dostávalo nespotřebované krmivo s exkrementy do zadní (sedimentační) části nádrže. Zde se v kónusu tuhé části sedimentací shromažďovaly a ve stanovených intervalech byly odpouštěny pomocí zadního ventilu. V horní části byla nainstalovaná odtoková trubka do systému na přečištění vody. Z odpuštěného kalu s nespotřebovanými granulemi byl zjišťován denní příjem krmiva.



Obr. č. 11. Pohled na odchovné nádrže z přední strany.



Obr. č. 12. Pohled na zadní část odchovných nádrží.

3.2.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních peledích

Juvenilní peledě o průměrné hmotnosti $3,1 \pm 0,8$ g byly nasazeny do celkem dvanácti nádrží v celkovém počtu 1020 ks (do každé nádrže bylo nasazeno 85 ryb). Do každé nádrže byla nasazena přibližně stejná biomasa ryb ($255,0 \pm 2,9$ g). Ryby byly plně adaptovány na odchovné prostředí a příjem suchého krmiva. V experimentu byly testovány čtyři různé kyslíkové režimy ve třech opakováních. Byly založeny následující experimentální skupiny:

- hypoxie (HYPo) - 55-65 % O₂
- normoxie (NORm) - 80-95 % O₂
- hyperoxie permanentní (HYPe) - 145-155 % O₂ po celý den
- hyperoxie permanentní (HYPe±) - 145-155 % O₂ po světlou část dne a 80-95 % O₂ přes noc

3.2.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu

Experiment probíhal od 11. července do 12. září s tím, že celkem 63 krmných dní bylo rozděleno do 4 dílčích období. Ryby byly při nasazení experimentu ve věku 90 dní po vykulení. Na konci každého období bylo provedeno kontrolní přelovení, při kterém bylo provedeno biometrické měření u zástupného vzorku 50 ryb z každé nádrže. Zjištění individuální hmotnosti, počtu ryb a celkové biomasy ryb bylo provedeno *in situ*. Celková a standardní délka těla a výška těla byla zjišťována z pořízených fotografií pomocí analýzy obrazu (MicoImage 4.0). Biometrická měření a fotografování ryb probíhala po předchozí šetrné anestezii pomocí hřebíčkového oleje o koncentraci 0,01 - 0,02 ml.l⁻¹.

Tříkrát denně, v 8:00 h, 14:00 h a 18:00 h, bylo měřeno procentuální nasycení vody kyslíkem. Pokud hodnoty nasycení kyslíkem neodpovídaly stanovenému rozsahu nasycení O₂ v nádrži, upravovaly se pomocí průtokových ventilů na rozvodu vzduchu, nebo byl upraven tlak plynů O₂ a N₂ do směšovače s kyslíkem. Teplota a pH vody byly sledovány 2 x denně. Amoniak a dusitany byly stanovovány v dvoudenních intervalech. Sledované hodnoty nasycení kyslíkem, teploty a pH byly měřeny pomocí multimetru HACH HQ40d multi).

Krmení probíhalo ručně z plastových vaniček s předem naváženým krmivem v nadbytku. Frekvence krmení byla 6x denně během světlé fáze dne v 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 a 18:00. Zkrmováno bylo suché krmivo Biomar Inicio Plus G 0.6 mm (tab. č. 1). Krmení probíhalo v 8:00 h, 10:00 h, 12:00 h, 14:00 a 16:00 h dle zjevné ochoty ryb přijímat krmivo. V 18:00 a 19:00 probíhalo dokrmení s cílem maximálně nasytit obsádku ryb.

Tab. č. 1. Nutriční složení krmiva Biomar

Biomar Inicio Plus G 0,6 mm	
Výživová hodnota	Obsah (%)
Hrubý protein	63,0
Hrubý lipid	11,0
Sacharidy	10,5
Vláknina	0,3
Popeloviny	10,9
Celkový fosfor (P)	0,7
Celková energie (MJ.kg ⁻¹)	21,1
Stravitelná energie (MJ.kg ⁻¹)	18,8

3.2.4 Produkční ukazatele

Výsledky experimentálního odchovu peledí byly hodnoceny pomocí následujících produkčních ukazatelů:

- **Průběh kusové hmotnosti (W_t) ryb (g)**

Prosté vyjádření hmotnosti ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky ($n = 150$) během jednotlivých dílčích období

- **Průběh celkové délky (TL, *longitudo totalis*) těla ryb (mm)**

Prosté vyjádření celkové délky těla ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky ($n = 150$) během jednotlivých dílčích období

- **Průběh standartní délky (SL, *longitudo corporis*) těla ryb (mm)**

Prosté vyjádření standartní délky těla ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky ($n = 150$) během jednotlivých dílčích období

- **Míra heterogenity obsádky – koeficient variance pro hmotnost (C_v)**

Vyjádření rychlosti růstu ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky ($n = 3$) během jednotlivých dílčích období

$$C_v = S.D. / x$$

C_v = koeficient variance pro hmotnost

S.D. = směrodatná odchylka ze zástupného vzorku ryb z nádrže

x = průměr hmotnosti ryb v nádrži

- **Specifická rychlost růstu (SGR)**

Vyjádření rychlosti růstu ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky ($n = 3$) během jednotlivých dílčích období

$$SGR = [(lnW_{konc} - lnW_{start}) \times \Delta t^{-1}] \times 100$$

SGR = specifická rychlost růstu za celý pokus v $\% \cdot \text{den}^{-1}$

lnW_{konc} = logaritmus hmotnosti ryb na konci období

lnW_{start} = logaritmus hmotnosti ryb na začátku období

Δt = počet dní ve sledovaném období

- **Průměrná celková biomasa (B) ryb za jednotlivé sledované období (g)**

Prosté vyjádření biomasy ryb v nádržích pomocí průměru a směrodatné odchylky (n =3) během jednotlivých dílčích období

- **Fultonův koeficient (FK)**

Vyjádření výživného stavu ryb pomocí průměru a směrodatné odchylky (n =150) během jednotlivých dílčích období

$$FK = (W_t/TL^3) \times 100$$

FK = Fultonův koeficient (faktor hmotnostní kondice ryb)

W_t = hmotnost těla

TL = celková délka těla

- **Kumulativní přežití (KP) ryb v během jednotlivých dílčích období a za celý pokus (%)**

$$KP = ((P_{nas} - P_{uhyn})/ P_{nas}) \times 100$$

KP kumulativní přežití

P_{nas} = počet ryb nasazených

P_{uhyn} = počet ryb uhynulých

- **Krmný koeficient - koeficient konverze (FCR)**

Vyjadřuje, kolik ryba musí přijmout množství krmiva, aby dosáhla jednotky hmotnosti

$$KK = Skrm/(W_{konc} - W_{start})$$

KK = krmný koeficient

W_{konc} = hmotnost ryb na konci období

W_{start} = hmotnost ryb na začátku období

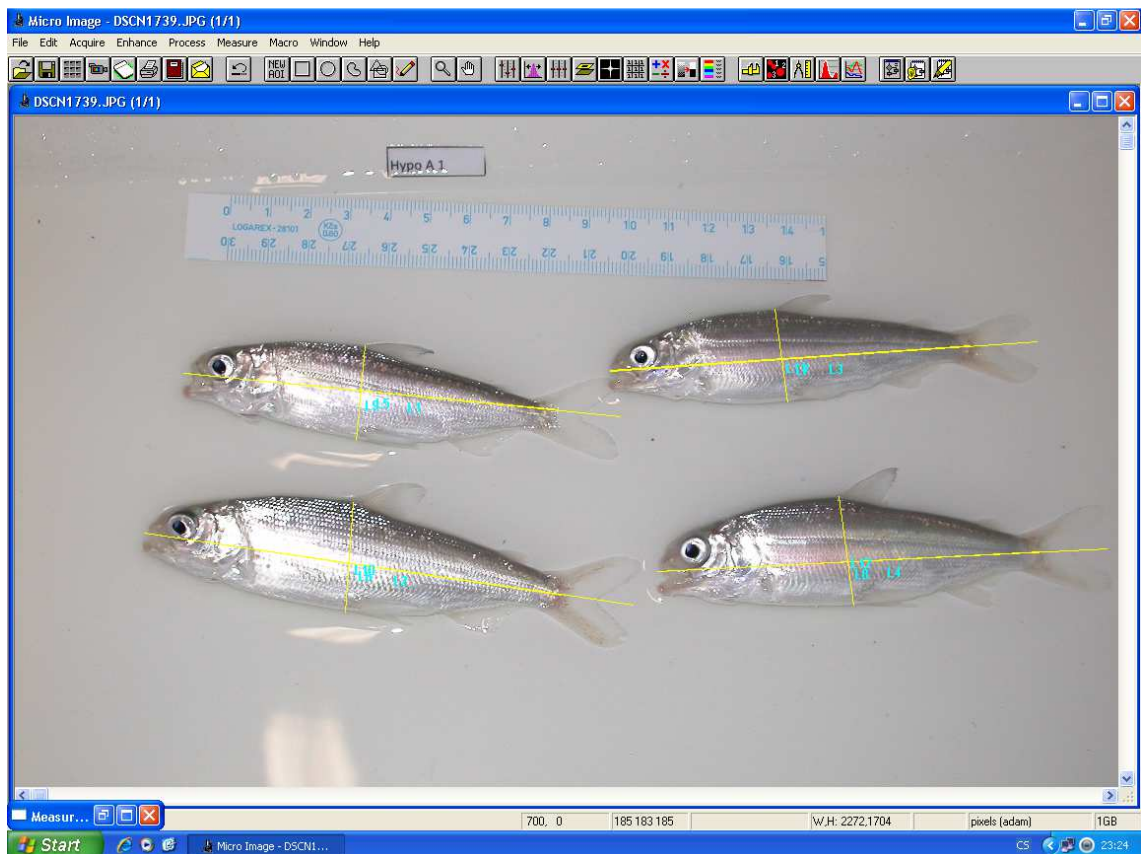
3.2.5 Hematologické vyšetření ryb

Na závěr růstového testu bylo provedeno hematologické vyšetření chovaných ryb, Vzorkováno bylo 15 ryb z každé testované varianty. Krev byla odebírána z *v. caudalis* a stabilizována 40 IU heparinu na 1 ml krve. Hematologické rozbory zahrnující počet erytrocytů (RBC), koncentraci hemoglobinu (Hb), hematokritovou hodnotu (PCV), střední objemu erytrocytu (MCV), hemoglobin erytrocytu (MCH), střední barevnou

koncentraci (MCHC) a počet leukocytů (WBC) byly provedeny podle metodiky Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb (Svobodová a kol., 2012).

3.2.6 Zpracování získaných dat a údajů

Nashromážděná data byla převedena do elektronické podoby a následně vyhodnocena a zpracována do podoby grafů pomocí programu Microsoft Office Excel 2007. K analýze fotek získaných při přeloveních byl použit program MicroImage 4.0. Z tohoto programu byly získány celkem tři údaje u všech přelovených ryb: celková délka těla, standardní délka těla a výška těla (Obr. č. 13). Statistická významnost rozdílů byla testována pomocí programu STATISTICA 7.0. Za předpokladu homogenity a homoskedasticity dat byla použita jednocestná ANOVA a Tukeyho test. Pokud data nesplňovala předpoklady pro ANOVU byl použit neparametrický Kruskal Wallisův test.



Obr. č. 13. Analýza obrazu v programu MicroImage 4.0.

3.3 Experiment – Vliv teploty a hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku u juvenilních peledí

3.3.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro stanovení spotřeby kyslíku

Vlastní měření spotřeby kyslíku probíhalo v celkem 18 odchovných nádržích o užitém objemu 60 l, které byly umístěny ve třech nezávislých experimentálních systémech (pro udržení nastavené teploty vody). Každý systém se skládal z 9 odchovných nádrží, mechanického filtru 300 l (náplň Bioakvacit PPI 10), biologického filtru (600 l, médium RATZ BT 10), čerpadla, průtokového chladiče Hailea 1000 A (pro teploty 15 a 19 °C) či sady ponorných topítek EHEIM (pro teplotu 23 °C). Nádrž s biologickým filtrem byly intenzivně aerována pro zajištění nasycení kyslíkem přes 90 % (na přítoku do odchovných nádrží).

3.3.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních peledích

Bylo provedeno měření spotřeby kyslíku u tří hmotnostních skupin ryb 4,5 – 5,5 g, 8 – 11 g a 16 – 20 g, z nichž každá byla založena ve třech opakováních. Sledování proběhlo při třech teplotách vody zároveň (15, 19 a 23 °C) po dva dny po sobě. Kvantifikována byla spotřeba kyslíku u krmených a nekrmených ryb.

3.3.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu

Vlastní měření probíhalo ve dvouhodinových (začátek v 8:00 první den a konec v 8:00 třetí den) intervalech během 48 h. Výsledkem tak bylo šest sad dat (3 opakování byly měřeny po 2 dny) pro každou velikost ryb, teplotu vody. Stejný postup měření byl proveden pro krmené a nekrmené ryby. Skupina krmených ryb byla krmena *ad libitum* v 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 a 18:00 h krmivem Biomar Inicio Plus 1,5 mm (tab. č. 2). Skupina nekrmených ryb byla odstavena od krmiva 2 dny před měřením spotřeby kyslíku.

Tab. č. 2. Nutriční složení krmiva Biomar

Biomar Inicio Plus 1,5 mm	
Výživová hodnota	Obsah (%)
Hrubý protein	54,0
Hrubý lipid	18,0
Sacharidy	11,6
Vláknina	0,45
Popeloviny	9,1
Celkový fosfor (P)	1,3
Celková energie (MJ.kg ⁻¹)	22,0
Stravitelná energie (MJ.kg ⁻¹)	19,5

Měřena byla koncentrace kyslíku v přítokové a odtokové vodě z nádrží. Třikrát denně byl měřen průtok vody v každé nádrži, který byl přednastaven na výměnu vody v nádrži 2x za hodinu. Přitoky do nádrží byly zavedeny pod hladinu a po dobu měření nebylo zapojeno vzduchování do nádrží pro minimalizaci aerace vody. Koncentrace kyslíku na odtoku z nádrží nepoklesla pod 6,9 mg.l⁻¹ pro 15 °C, 4,3 mg.l⁻¹ pro 19 °C a 4,9 mg.l⁻¹ pro 23°C.

Konstantní fotoperioda 12L:12D s intenzitou světla na úrovni 120 – 150 lx byla udržována během experimentu.

3.3.4 Zpracování získaných dat a údajů

Nashromážděná data byla po konci pokusu převedena do elektronické podoby. Tyto data byla následně vyhodnocena a zpracována pomocí programu Microsoft Office Excel 2007. Pomocí tohoto programu byly sestrojeny i regresní rovnice.

Koncentrace kyslíku byla měřena pomocí multimetru HACH HQ40d multi s optickým principem měření kyslíku (LDO).

Spotřeba kyslíku byla kalkulována podle vzorce:

$$OC = ((DO_{in} - DO_{out}) - (DO_{c_{in}} - DO_{c_{out}})) \times Q/B$$

DO_{in} - koncentrace kyslíku v přítokové vodě

DO_{out} - koncentrace kyslíku v odtokové vodě

$DO_{c_{in}}$ - koncentrace kyslíku v přítokové vodě do nádrže bez ryb

$DO_{c_{out}}$ - koncentrace kyslíku v odtokové vodě z nádrže bez ryb

Q - průtok vody v nádrži (l.h⁻¹)

B - biomasa ryb chovaných v nádrži (kg)

4. Výsledky

4.1 Experiment – Vliv nasycení vody kyslíkem na růst a hematologické ukazatele u juvenilních peledí

4.1.1 Kumulativní a celkové přežití peledí

U všech čtyř pozorovaných skupin docházelo v průběhu pokusu k postupnému snižování procenta přežitých ryb. Nejnižší hodnota přežití byla zaznamenána na konci pokusu u hypoxie, kde došlo k poklesu přežití na $87,5 \pm 3,0$ %. Nejvyšší ztráty vykazovala skupina normoxie, u které bylo výsledné přežití $97,7 \pm 2,7$ % (Obr. č. 14). Obě skupiny hyperoxie měli na konci pokusu přežití zhruba na stejné úrovni ($96,3 \pm 2,1$ % u hyperoxie, $97,2 \pm 1,0$ % u hyperoxie s nočním režimem normoxie). Statistický rozdíl byl mezi skupinami zaznamenán pouze 63. den (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

4.1.2 Růst peledí v průběhu pokusu

Růst síha peledě je uváděn jako hmotnost těla v gramech. Na začátku pokusu byly do nádrží nasazeny přibližně stejně rozrostlé obsádky ryb o průměrné kusové hmotnosti $3,1 \pm 0,8$ g. Již po 21 dnech byl zjištěn statistický rozdíl mezi skupinami (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$). Statistický rozdíl byl poté mezi skupinami pozorován až do konce experimentu (Obr. č. 15). Nejvyšší hmotnosti dosáhly ryby na konci odchovu v normoxii $18,2 \pm 4,6$ g. Ryby chované v prosté hyperoxii dosáhly hmotnosti $15,3 \pm 3,7$ g a v hyperoxii s nočním režimem normoxie dosáhly $16,1 \pm 4,1$ g. Nejnižší hmotnosti dosáhly ryby na konci pokusu v hypoxii, a sice $14,8 \pm 4,3$ g. Během posledního období byl pozorován trend vyrovnání růstu mezi skupinami hypoxie a oběma hyperoxickými skupinami.

4.1.3 Produkční ukazatel specifická rychlost růstu

Specifická rychlost růstu (SGR) je udávána v procentech přírůstku za den. V této studii nejrychleji rostly ryby v normoxii a sice $2,81 \pm 0,02$ %, následovány skupinou v hyperoxii s nočním režimem normoxie $2,61 \pm 0,05$ %. Nejpomaleji rostly ryby v hypoxii a prosté hyperoxii s rychlostí růstu $2,54 \pm 0,08$ %, respektive $2,50 \pm 0,09$ (Obr. č. 16). Po statistickém zhodnocení byl rozdíl mezi skupinami zjištěn ve všech obdobích

(ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$). Na ukazateli specifické rychlosti růstu je lépe zřetelná určitá kompenzace růstu u ryb chovaných v hypoxii během posledního období.

4.1.4 Průměrná celková biomasa v průběhu pokusu

Biomasa je udávána jako celková hmotnost obsádky v gramech. Podobně jako u růstu byla největší biomasa zaznamenána na konci pokusu v normoxii 1461 ± 22 g. Nejmenší hodnota byla zjištěna v hypoxii 1099 ± 139 g. Biomasa u obou skupin hyperoxie se po odchovu statisticky nelišila (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$). Jejich hodnota byla 1271 ± 65 g u hyperoxie a 1270 ± 20 g u hyperoxie s nočním režimem normoxie (Obr. č. 17). Statistické rozdíly mezi skupinami byly zjištěny od 21 dne do konce pokusu.

4.1.5 Celková délka těla

Celková délka těla (*longitudo totalis*) je udávána jako délka těla ryby od rypce po konec ocasní ploutve v milimetrech. Na začátku experimentu měli všechny ryby průměrnou celkovou délku 72 ± 6 mm. Na konci vykazovali největší celkovou délku těla ryby ze skupiny hyperoxie 122 ± 11 mm. Nejnižší hodnoty pak byly zjištěny u hyperoxie s nočním režimem normoxie 116 ± 10 mm. Celková délka u normoxie byla 120 ± 9 a u hypoxie 117 ± 11 mm (Obr. č. 18). Statistický rozdíl mezi skupinami byl zaznamenán již na začátku pokusu a trval až do jeho konce (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

4.1.6 Standardní délka těla

Standardní délka těla (*longitudo corporis*) je udávána jako délka těla ryby od rypce po konec ocasního násadce v milimetrech. Na začátku experimentu měli všechny ryby průměrnou standardní délku 61 ± 5 mm. Největší hodnoty byly stejně jako u celkové délky zaznamenány na konci pokusu u ryb ze skupiny hyperoxie 105 ± 10 mm. Nejnižší hodnoty byly opět u hyperoxie s nočním režimem normoxie 99 ± 9 mm. Normoxie a hypoxie měly standardní délku 104 ± 8 respektive 100 ± 10 mm (Obr. č. 19). Na rozdíl od celkové délky byly statistické rozdíly mezi skupinami zjištěny až po 21 dnu odchovu (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

4.1.7 Produkční ukazatel konverze krmiva

Konverze krmiva je udávána jako koeficient (bezrozměrné číslo), výpočet viz. kapitola materiál a metodika. Nejlepší konverze krmiva byla zjištěna v hyperoxii s nočním režimem normoxie $1,7 \pm 0,1$. Nejhorší koeficient konverze dosáhly ryby ve skupině normoxie $2,2 \pm 0,1$. V hyperoxii byla dosažena konverze krmiva $1,8 \pm 0,0$ a v hypoxii $2,0 \pm 0,2$ (Obr. č. 20). Statistické porovnání potvrdilo rozdíly mezi skupinami od 42 dne odchovu (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$).

4.1.8 Fultonův koeficient – koeficient vyživenosti ryb

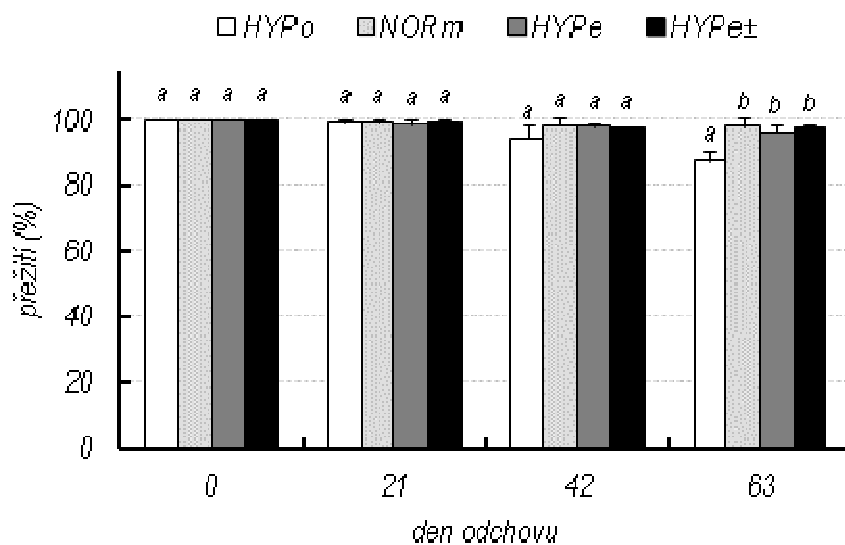
Fultonův koeficient vyjadřuje výživný stav chovaných ryb a je udáván jako bezrozměrné číslo, výpočet viz kapitola materiál a metodika. Nejvyšší koeficient měli na konci testu ryby ze skupiny normoxie a hyperoxie s nočním režimem normoxie – $1,0 \pm 0,1$, respektive $1,0 \pm 0,1$ (Obr. č. 21). Nejnižší hodnota byla zjištěna v hyperoxii $0,8 \pm 0,1$. Hodnota v hypoxii byla $0,9 \pm 0,1$. Statistické hodnocení vykázalo rozdíly mezi skupinami (Neparametrický test, Kruskal – Wallis test, $p < 0,05$).

4.1.9 Hematologické ukazatele

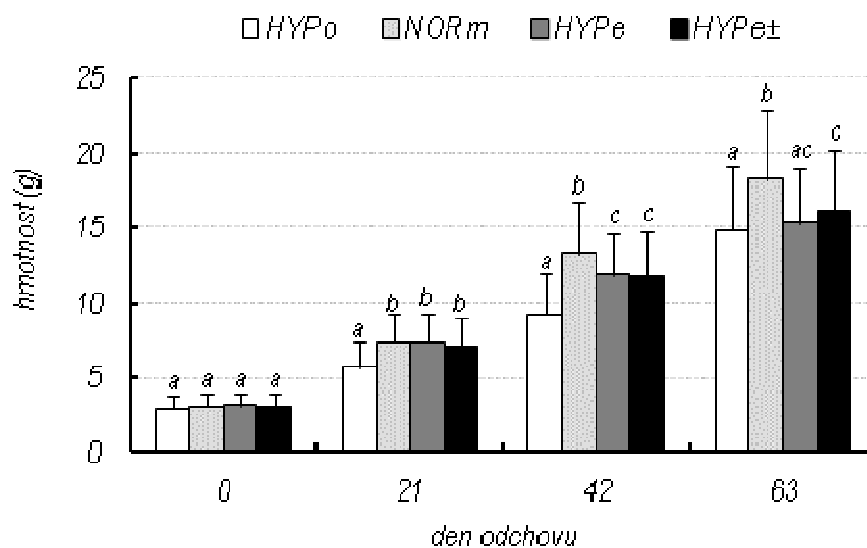
V příložené tabulce jsou sumarizovány jednotlivé ukazatele červeného a bílého krevního obrazu (Tab. č. 3). Bylo provedeno statistické hodnocení (ANOVA, Tukey test, $p < 0,05$; Neparametrický test, Kruskal – Wallis test, $p < 0,05$). Skupiny vykázaly statistický rozdíl v následujících parametrech - RBC, Hb, PCV, MCH, MCHC.

Tab. č. 3. Hodnoty počtu erytrocytů (RBC), množství hemoglobinu (Hb), hematokritu (PCV), středního objemu erytrocytu (MCV), hemoglobinu erytrocytu (MCH), střední barevné koncentrace (MCHC) a počtu leukocytů (WBC) u ryb chovaných v různých kyslíkových režimech. Data jsou prezentována jako průměr \pm S.D.

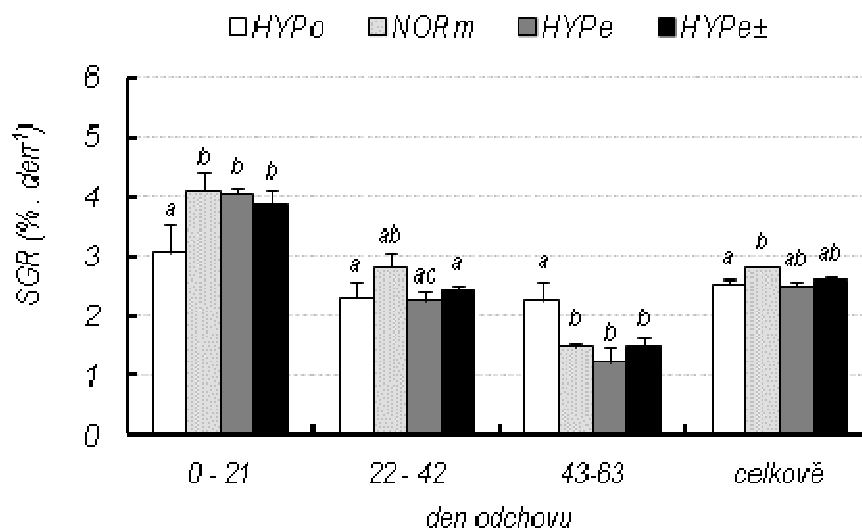
Parametr	jednotky	HYPe	HYPe \pm	HYPo	NORm
RBC	T.l ⁻¹	$1,04 \pm 0,22a$	$0,88 \pm 0,20ab$	$1,18 \pm 0,35ac$	$1,06 \pm 0,13a$
Hb	g.l ⁻¹	$49,9 \pm 5,2ab$	$54,3 \pm 9,7a$	$55,9 \pm 4,7a$	$58,7 \pm 6,2ac$
PCV	l.l ⁻¹	$54,4 \pm 6,0a$	$50,9 \pm 11,1a$	$67,2 \pm 5,8b$	$65,4 \pm 5,1b$
MCV	fl	$544 \pm 116a$	$584 \pm 113a$	$600 \pm 140a$	$623 \pm 79a$
MCH	pg	$50,0 \pm 11,5ab$	$63,3 \pm 11,1ac$	$50,1 \pm 12,4ab$	$56,0 \pm 9,3a$
MCHC	l.l ⁻¹	$0,0009 \pm$ $0,0001a$	$0,0011 \pm$ $0,0002ab$	$0,0008 \pm$ $0,0001ac$	$0,0009 \pm$ $0,0001ac$
WBC	G.l ⁻¹	$23,1 \pm 12,2a$	$23,4 \pm 11,1a$	$15,3 \pm 4,3a$	$16,7 \pm 4,9a$



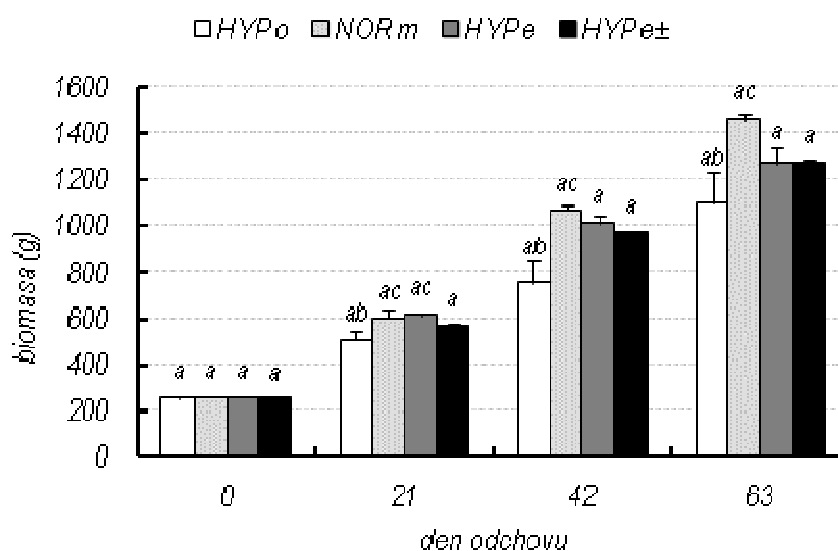
Obr. č. 14. Kumulativní přežití síha peledě chovaného v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



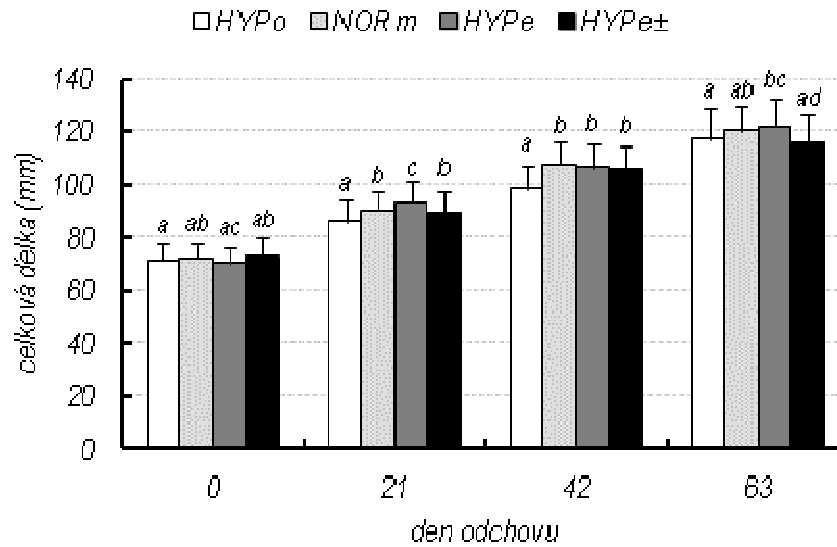
Obr. č. 15. Průběh individuálního hmotnostního růstu u peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



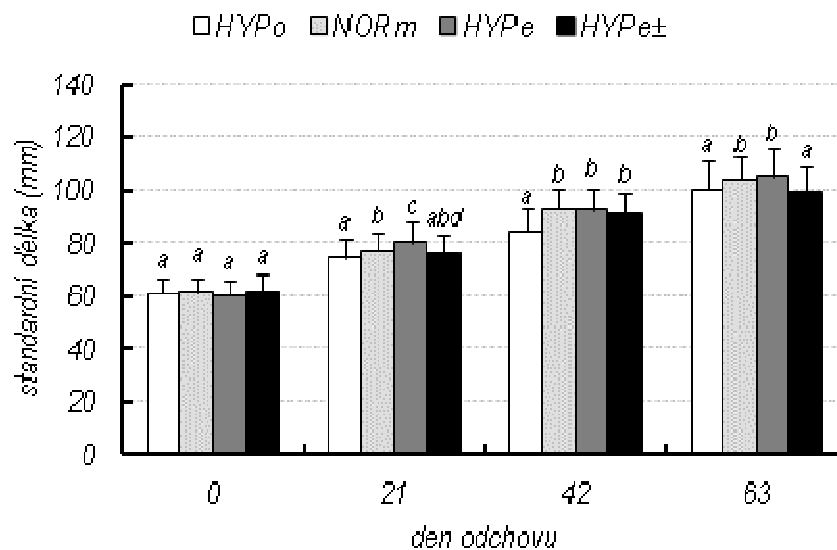
Obr. č. 16. Specifická rychlost růstu peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



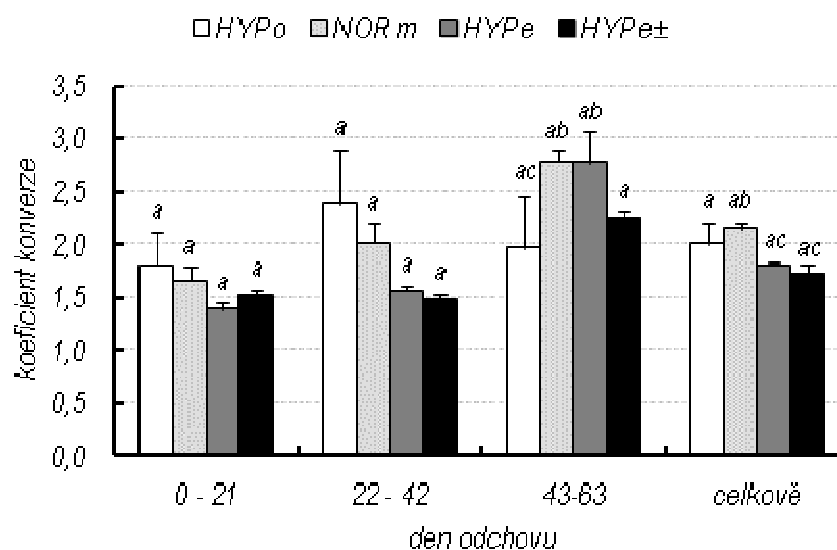
Obr. č. 17. Celková biomasa peledí v jednotlivých skupinách chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



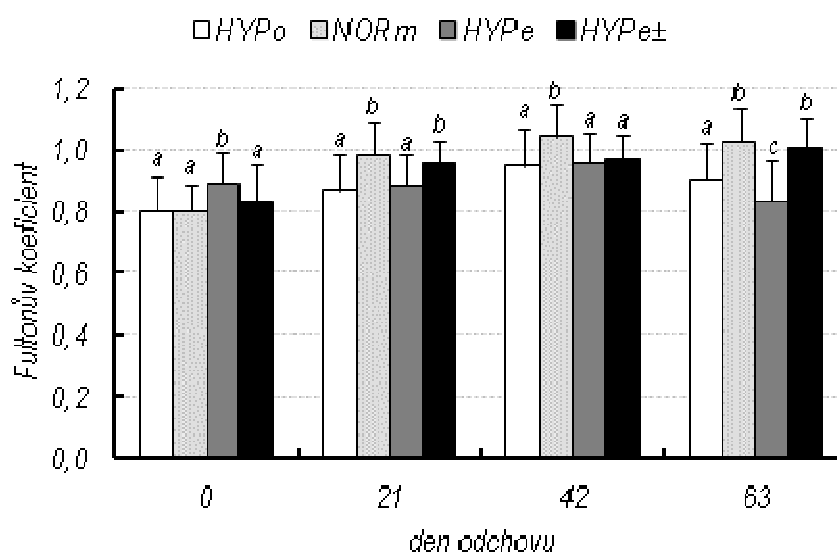
Obr. č. 18. Celková délka těla peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



Obr. č. 19. Standardní délka těla peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



Obr. č. 20. Konverze krmiva u peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



Obr. č. 21. Fultonův koeficient u peledí chovaných v podmínkách různých kyslíkových režimů. Data jsou prezentována jako průměr ± S. D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

4.2 Experiment – Vliv teploty a hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku u juvenilních peledí

4.2.1 Denní variabilita spotřeby kyslíku

Při teplotě 15 °C nedocházelo v průběhu dne u nekrmených ryb k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku tak jako tomu bylo u krmených ryb (Obr. č. 22). Nejvyšší spotřebu kyslíku měly v této teplotě ryby o hmotnosti 4,5-5,5 g ve skupině s krmením i bez krmení. Pro nekrmené ryby o hmotnosti 4,5-5,5 g se hodnota pohybovala od 57 do 97 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 81 mg.kg⁻¹.h⁻¹, pro ryby o hmotnosti 8-11 g v rozmezí 53 – 83 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 74 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a pro ryby o hmotnosti 16-20 g v rozmezí 53 – 74 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 68 mg.kg⁻¹.h⁻¹. V denním profilu spotřeby kyslíku nebyl zaznamenán výrazný pík. U nekrmených ryb se spotřeba kyslíku v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Jiná situace byla ve skupině, kde ryby byly krmeny. Od osmé hodiny ranní došlo k postupnému růstu spotřeby kyslíku až do dvacáté hodiny večerní, kdy spotřeba začala klesat. U skupiny ryb o hmotnosti 16-20 g nebyly zjištěny takové rozdíly ve spotřebě kyslíku jako u obou menších hmotnostních skupin ryb (4,5-5,5 a 9-11 g). Konkrétní hodnoty spotřeby kyslíku pro teplotu vody 15 °C a skupiny s krmenými rybami byly následující: ryby o hmotnosti 4,5-5,5 g měly spotřebu v rozmezí 98 – 190 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 145 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u ryb o hmotnosti 8-11 g se pohybovala od 93 do 157 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 128 a u ryb o hmotnosti 16-20 g od 70 do 111 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 94 mg.kg⁻¹.h⁻¹. Nejvyšší spotřebu měly ryby, bez ohledu na hmotnostní kategorii, ve dvanáct hodin, poté spotřeba mírně klesala zhruba až do šestnácté hodiny, kdy opět začala stoupat a další maximum bylo ve dvacet hodin večer. Poté měla spotřeba kyslíku klesající trend až do osmé hodiny ranní.

Při teplotě 19 °C vykazovaly nekrmené ryby výraznější výkyvy ve spotřebě kyslíku v průběhu dne, než tomu bylo při 15 °C (Obr. č. 23). Výraznější rozdíl byl také při vzájemném porovnání ryb krmených a nekrmených. Nejvyšší hodnoty spotřeby kyslíku byly opět zaznamenány ve skupině ryb o hmotnosti 4,5-5,5 g v krmené i nekrmené skupině. Nekrmené ryby o této hmotnosti vykazovaly spotřebu kyslíku od 91 do 137 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 114 mg.kg⁻¹.h⁻¹. U ostatních skupin se tato hodnota pohybovala následovně: u skupiny o hmotnosti 8-11 g v rozmezí 63 – 125 – průměr 105 mg.kg⁻¹.h⁻¹,

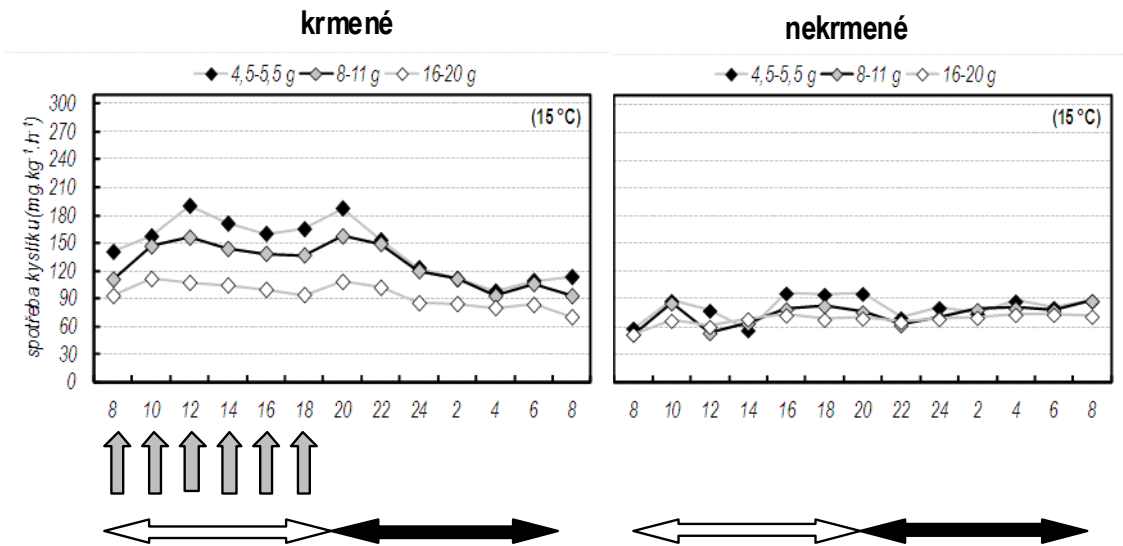
u skupiny o hmotnosti 16-20 g v rozmezí 62 – 92 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 78 mg.kg⁻¹.h⁻¹. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb při teplotě 19 °C značně kolísala. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v deset hodin ráno a v šestnáct hodin odpoledne. Mezi tímto časem spotřeba oscillovala v rozmezí (doplň hodnoty). Nejnižší hodnoty byly zaznamenány v období od půlnoci do šesti hodin ráno.

U skupiny krmených ryb došlo k nárůstu spotřeby kyslíku po osmé hodině ranní. Nejvyšší hodnota byla zjištěna ve čtrnáct hodin odpoledne u skupin ryb s hmotností 4,5-5,5 g a 8-11 g. Skupina s hmotností 16-20 g vykazovala nejvyšší hodnotu již v deset hodin dopoledne. Druhé maximum bylo okolo dvacáté hodiny večerní. Poté následoval pozvolný pokles až na bazální úroveň kolem šesté hodiny ranní. Konkrétní hodnoty spotřeby kyslíku byly následující: nejvyšší spotřebu měly opět ryby o hmotnosti 4,5-5,5 g, hodnota pro tuto skupinu byla v rozmezí 179 - 286 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 246 mg.kg⁻¹.h⁻¹, pro skupinu 8-11 g v rozmezí 143 – 213 – průměr 184 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a v poslední skupině o kusové hmotnosti 16-20 g se pohybovala od 103 do 152 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – průměr 135 mg.kg⁻¹.h⁻¹.

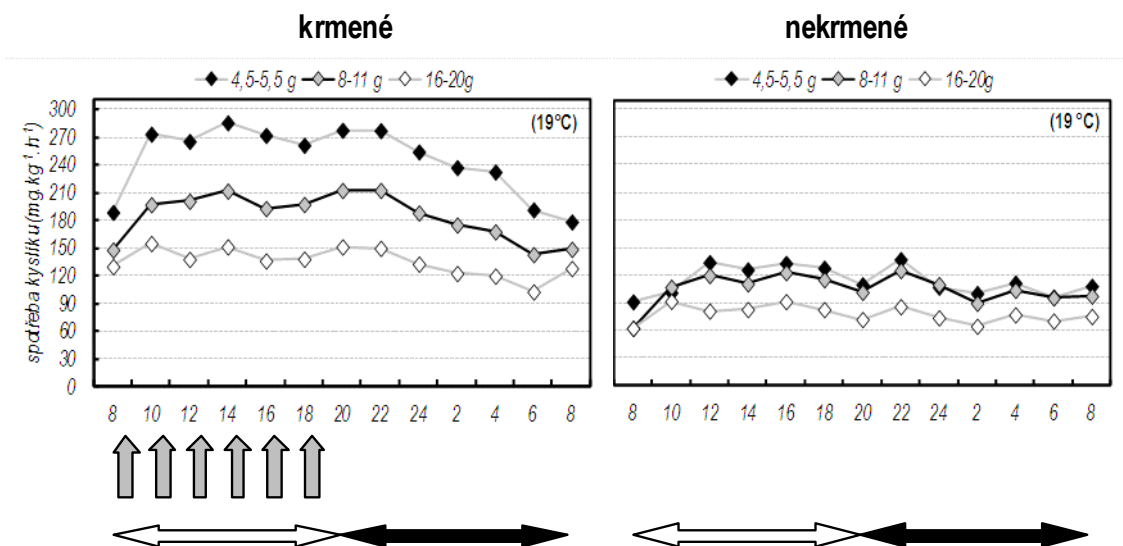
Při teplotě 23 °C nebyly zjištěny u nekrmených ryb výraznější výkyvy než při teplotě 19 °C (Obr. č. 24). Rozdíly mezi jednotlivými hmotnostními skupinami byly v této teplotě opět vyšší u krmených nežli nekrmených ryb. Nejvyšší spotřebu vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 4,5-5,5 g a to jak pro krmené tak nekrmené skupiny ryb. Spotřeba kyslíku nekrmených ryb se pohybovala u skupiny s kusovou hmotností 4,5-5,5 g v rozmezí 89 – 149 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 121 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g 81 – 141 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 104 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a u skupiny s kusovou hmotností 16-20 g v rozmezí 65 – 105 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 86 mg.kg⁻¹.h⁻¹.

U krmených ryb došlo při teplotě 23 °C opět ke dvěma maximálním hodnotám (píkům) spotřeby kyslíku během dne. Od osmé ráno potřeba rychle stoupala až do poledne, kdy bylo zaznamenáno první maximum. Poté spotřeba střídavě klesala a opět stoupala až do dvacáté hodiny večerní, kdy bylo zjištěno druhé maximum. Od dvacáté hodiny začala spotřeba kyslíku klesat. Tento pokles trval až do osmé hodiny ráno druhého dne. Nejvyšší hodnoty spotřeby kyslíku byly zaznamenány u nejmenších ryb o kusové hmotnosti 4,5-5,5 g. Naproti tomu nejnižší spotřebu kyslíku měly opět ryby s největší kusovou hmotností 16-20 g. Konkrétní hodnoty byly pro jednotlivé

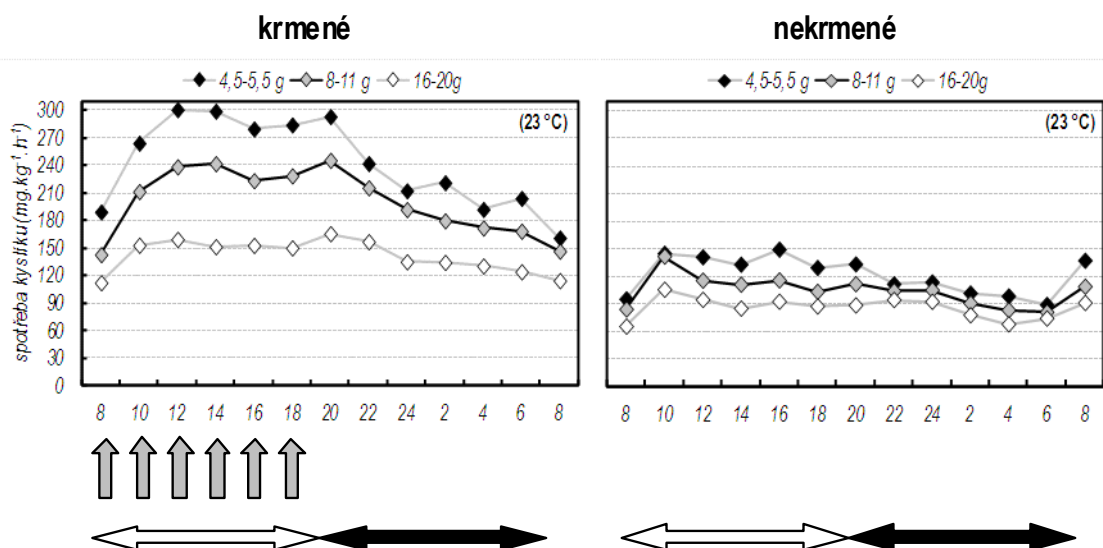
hmotnostní skupiny následující: ryby o hmotnosti 4,5-5,5 g měly spotřebu v rozmezí 161 - 301 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 242 mg.kg⁻¹.h⁻¹, ryby s hmotností 8-11 g v rozmezí 143 – 246 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 201 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a ryby s hmotností 16-20 g v rozmezí 112 - 166 mg.kg⁻¹.h⁻¹ – v průměru 142 mg.kg⁻¹.h⁻¹.



Obr. č. 22. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u síha peledě při teplotě 15 °C. Šedé šipky značí aplikaci krmiva. Bílá a černá šipka znázorňuje denní a noční režim.



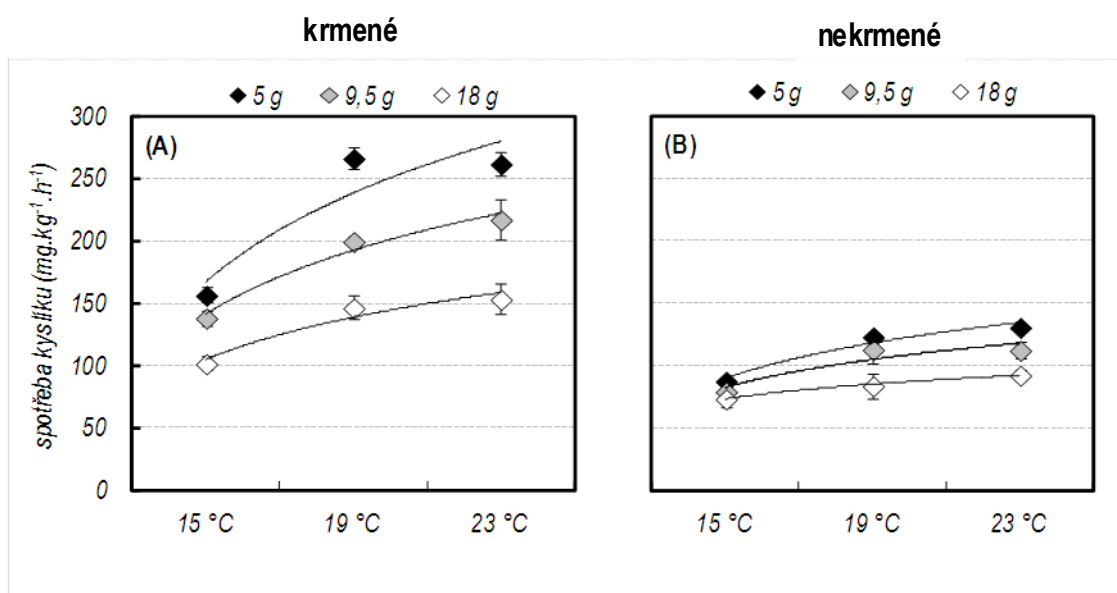
Obr. č. 23. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u síha peledě při teplotě 19 °C. Šedé šipky značí aplikaci krmiva. Bílá a černá šipka znázorňuje denní a noční režim.



Obr. č. 24. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u síha peledě při teplotě 23 °C. Šedé šipky značí aplikaci krmiva. Bílá a černá šipka znázorňuje denní a noční režim.

4.2.2 Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a spotřebou kyslíku

Z grafu (Obr. č. 25) je patrné, že průměrná denní spotřeba kyslíku v testovaných rozmezích teplot a hmotnostních kategorií je u krmených ryb silně závislá na teplotě vody a velikosti ryb. Ve skupině nekrmených ryb nejsou rozdíly tak výrazné. U krmených ryb byly naměřené hodnoty průměrné denní spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s průměrnou kusovou hmotností 5 g při teplotě 15 °C – $157 \pm 6 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $266 \pm 9 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – $262 \pm 9 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny s průměrnou kusovou hmotností 9,5 g při teplotě 15 °C – $138 \pm 6 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $200 \pm 3 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – $217 \pm 17 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny ryb s průměrnou kusovou hmotností 18 g při teplotě 15 °C – $102 \pm 6 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $147 \pm 6 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a při teplotě 23 °C – $154 \pm 12 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$. U nekrmených ryb byly hodnoty průměrné denní spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s průměrnou kusovou hmotností 5 g při teplotě 15 °C – $88 \pm 6 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $124 \pm 3 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – $131 \pm 4 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny s průměrnou kusovou hmotností 9,5 g při teplotě 15 °C – $80 \pm 3 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $113 \pm 11 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – $113 \pm 7 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny ryb s průměrnou kusovou hmotností 18 g při teplotě 15 °C – $74 \pm 7 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – $84 \pm 10 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a při teplotě 23 °C – $93 \pm 4 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$.



Obr. č. 25. Spotřeba kyslíku u juvenilního síha peledě v závislosti na různé teplotě vody, hmotnosti ryb a krmení. Data jsou prezentována jako průměr \pm S. D.

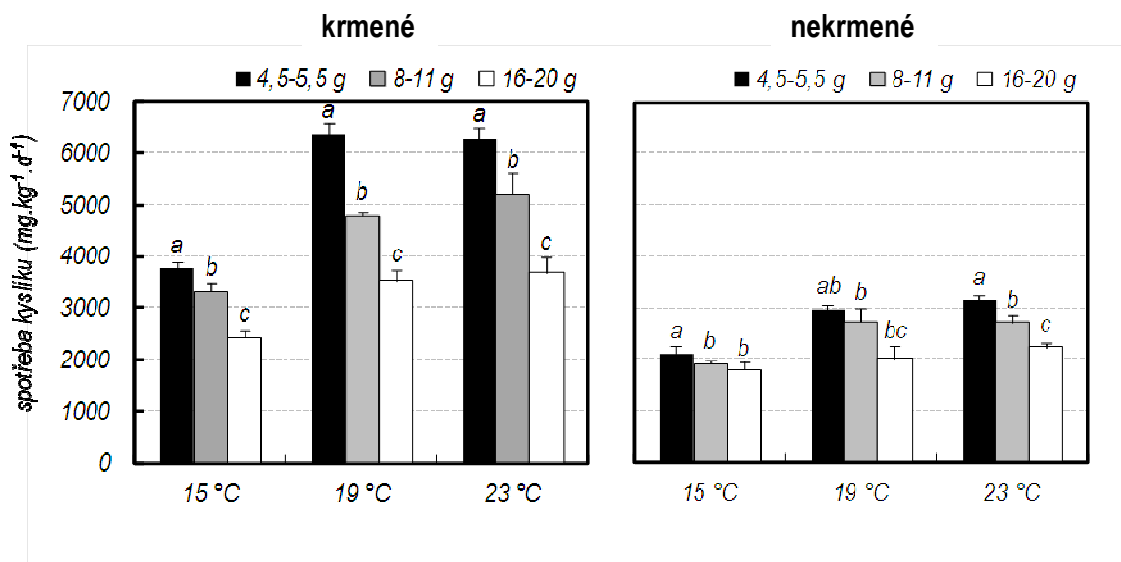
Tab. č. 4. Regresní rovnice průměrné, maximální a minimální spotřeby kyslíku pro teplotu a hmotnost u krměných a nekrmených ryb.

	a	b	c	n	r	r ²	F	p	směrod. chyba
Krmené ryby									
Průměr	70,58	9,82	-6,99	54	0,91	0,83	126,48	0,0000	22,97
Max	118,88	10,27	-9,20	54	0,94	0,88	186,24	0,0000	22,93
Min	36,54	6,16	-3,44	54	0,79	0,62	42,15	0,0000	21,99
Nekrmené ryby									
Průměr	49,25	3,96	-2,30	54	0,88	0,78	89,68	0,0000	9,87
Max	53,29	5,40	-3,23	54	0,85	0,72	66,45	0,0000	15,86
Min	-4,71	3,58	-0,75	54	0,58	0,34	12,98	0,0003	17,85

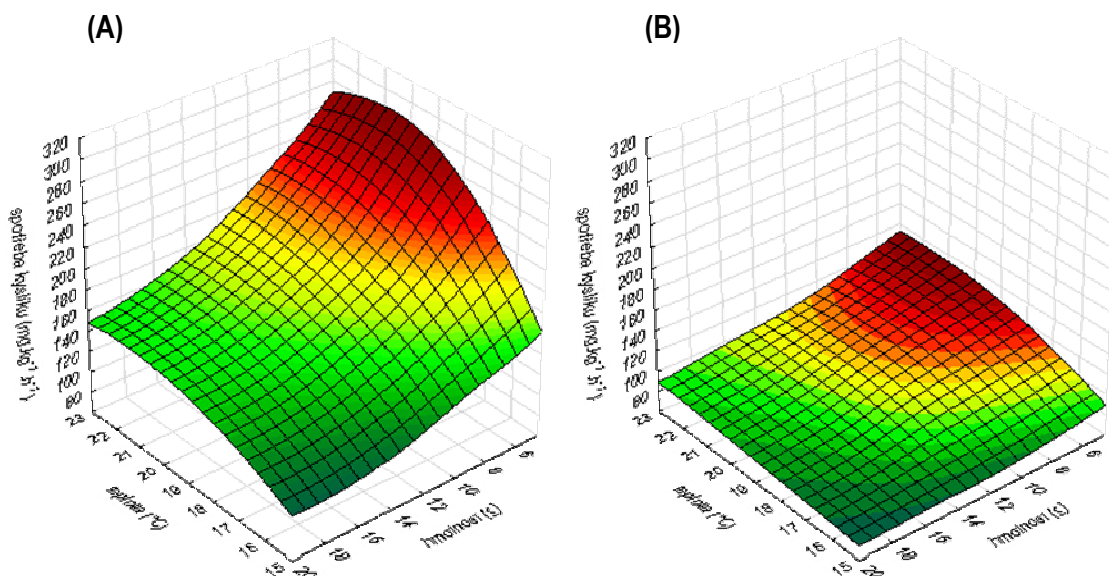
Průměr – průměrná spotřeba kyslíku, Max – maximální spotřeba kyslíku, Min – minimální spotřeba kyslíku, a – koeficient pro abs. člen, b – koeficient pro teplotu, c – koeficient pro hmotnost, n – počet případů, r – korelační koeficient, r² – koeficient determinace

Z grafu (Obr. č. 26) je patrné, že celková denní spotřeba kyslíku byla nejvyšší u ryb s nejmenší hmotností, zatímco nejnižší celková denní spotřeba kyslíku byla

zaznamenána u ryb s největší hmotností a to ve všech teplotách u skupin s krmenými i nekrmenými rybami. U krmených ryb byly výrazně vyšší rozdíly mezi jednotlivými hmotnostními skupinami, než tomu bylo u nekrmených ryb. Rozdíl mezi celkovou denní spotřebou kyslíku při teplotě 19 °C a 23 °C nebyl příliš výrazný. U krmených ryb byly hodnoty celkové denní spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 3761 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 6393 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 23 °C – 6286 mg.kg⁻¹.d⁻¹, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 3324 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 4795 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 23 °C – 5214 mg.kg⁻¹.d⁻¹, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 2445 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 3517 mg.kg⁻¹.d⁻¹ a při teplotě 23 °C – 3684 mg.kg⁻¹.d⁻¹. U nekrmených ryb byly hodnoty celkové denní spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 2114 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 2967 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 23 °C – 3147 mg.kg⁻¹.d⁻¹, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 1913 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 2722 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 23 °C – 2706 mg.kg⁻¹.d⁻¹, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 1773 mg.kg⁻¹.d⁻¹, při teplotě 19 °C – 2024 mg.kg⁻¹.d⁻¹ a při teplotě 23 °C – 2229 mg.kg⁻¹.d⁻¹. Statistické porovnání potvrdilo rozdíly mezi skupinami u krmených ryb i nekrmených ryb (ANOVA, Tukey test, p<0,05; Neparametrický test, Kruskal – Wallis test, p<0,05).



Obr. č. 26. Celková denní spotřeba kyslíku u juvenilního síha peledě v závislosti na různé teplotě vody, hmotnosti ryb a krmění ryb.

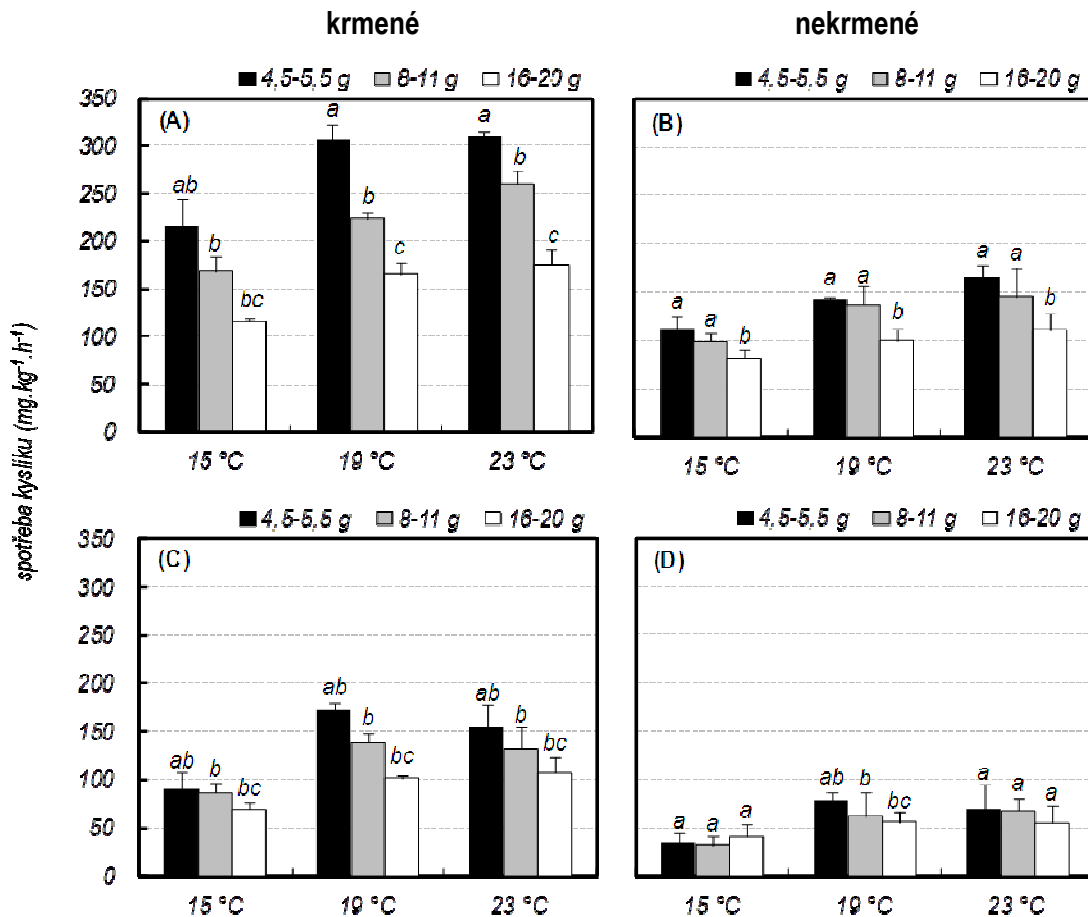


Obr. č. 27. 3D model závislosti průměrné denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených (A) a nekrmených (B) peledí.

4.2.3 Extrémní hodnoty spotřeby kyslíku

Z grafu (Obr č. 28) je patrné, že ryby s nejmenší hmotností měly nejvyšší hodnoty maximální spotřeby kyslíku a to ve všech teplotách u skupin s krmenými i nekrmenými rybami. Naproti tomu nejnižší maximální hodnoty spotřeby kyslíku vykazovaly ryby s největší hmotností opět ve všech teplotách u skupiny s krmenými i nekrmenými rybami. Nejnižší minimální hodnoty měly ryby s největší hmotností, pouze s jednou výjimkou u skupiny nekrmených ryb při teplotě 15 °C. Nejvyšší minimální hodnoty vykazovaly ryby s nejmenší hmotností, opět pouze s jedinou výjimkou u skupiny nekrmených ryb při teplotě 15 °C. U krmených ryb byly maximální hodnoty spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 215 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – 306 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – 311 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 169 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – 224 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – 260 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 116 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – 165 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ a při teplotě 23 °C – 176 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$. U nekrmených ryb byly maximální hodnoty spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 111 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 19 °C – 142 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při teplotě 23 °C – 166 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 99 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, při

teplotě 19 °C – 137 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 23 °C – 145 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 82 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 100 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a při teplotě 23 °C – 111 mg.kg⁻¹.h⁻¹.



Obr. č. 28. Extrémní hodnoty spotřeby kyslíku u juvenilního síha peledě v závislosti na různé teplotě vody, a hmotnosti ryb. Maximální hodnoty u krmených (A) a nekrmených (B) ryb a minimální hodnoty u krmených (C) a nekrmených (D) ryb.

U krmených ryb byly minimální hodnoty spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 90 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 171 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 23 °C – 154 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 87 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 139 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 23 °C – 133 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 69 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 102 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a při teplotě 23 °C – 107 mg.kg⁻¹.h⁻¹. U nekrmených ryb byly minimální hodnoty spotřeby kyslíku následující: u skupiny ryb

s kusovou hmotností 4,5-5,5 g při teplotě 15 °C – 34 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 79 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 23 °C – 70 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny s kusovou hmotností 8-11 g při teplotě 15 °C – 32 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 62 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 23 °C – 68 mg.kg⁻¹.h⁻¹, u skupiny ryb s kusovou hmotností 16-20 g při teplotě 15 °C – 41 mg.kg⁻¹.h⁻¹, při teplotě 19 °C – 55 mg.kg⁻¹.h⁻¹ a při teplotě 23 °C – 55 mg.kg⁻¹.h⁻¹. Statistické porovnání potvrdilo rozdíly mezi skupinami u krmených ryb i nekrmených ryb s výjimkou minimální spotřeby kyslíku u nekrmených ryb při 15 °C a 23 °C (ANOVA, Tukey test, p<0,05; Neparametrický test, Kruskal – Wallis test, p<0,05).

5. Diskuze

První část této práce se zabývá vlivem různého nasycení vody kyslíkem na růst a hematologické ukazatele u intenzivně chovaného síha peled'e. I když různé nasycení vody kyslíkem může ovlivnit i další parametry, jako je například spotřeba krmiva a chování ryb (Jones, 1952; Kramer, 1987; Jobling, 1994; Waller a kol., 1997).

Při pokusu byly testovány čtyři experimentální skupiny (hypoxii - 55 – 65 % nasycení O₂, normoxii - 80 – 95 % nasycení O₂ a hyperoxii - 145 – 155 % nasycení O₂ ve dvou provedeních, jedna byla po celý den a u druhé byla přes den hyperoxie a v noci normoxie). Skupina hyperoxie s nočním režimem normoxie byla testována s hypotézou, zda by se tímto způsobem dalo v praxi ušetřit na energii za přívod kyslíku při stejných produkčních vlastnostech jako při hyperoxii, která by fungovala celý den. Předpoklad pro toto testování vycházel ze známého faktu, že ryby v noci mají nižší spotřebu kyslíku nežli ve dne (Jobling, 1981; Waller, 1992; Buentello a kol., 2000; Mallekh a Legardére, 2002; Wunderlich a kol., 2011), díky snížené aktivitě a tudíž by neměl být vliv hyperoxie během noci tak velký. Bylo potvrzeno, že obě skupiny varianty hyperoxie se v sledovaných parametrech příliš nelišily. Bohužel nelze tyto výsledky porovnat s jinými pracemi, protože vždy byla testována pouze permanentní hyperoxie po celý den.

Podobný experiment jako v prezentované práci nebyl dosud na peled'i publikován v žádné literatuře. Síh peled' není prozatím příliš rozšířenou rybou v rámci intenzivní akvakultury, a proto informace a studie faktů důležitých pro úspěšný chov této ryby není zatím příliš mnoho. Trochu jiná situace je u populárnější marény či síha severního. Podle některých zdrojů (Jobling kol., 2010) se dá usuzovat, že se tato ryba stává především na severu Evropy stále populárnější, což dokazuje fakt, že se produkce ve Finsku pohybuje v řádech tisíců tun. Díky kvalitnímu masu má velký síh vyšší tržní hodnotu nežli stejně velký pstruh duhový (Nylander, 2008). To dělá z této ryby zajímavou volbu pro intenzivní chov.

Mnohé studie na vliv různého nasycení kyslíku na ryby byly prováděny u některých komerčně využívaných druhů ryb jako je například pstruh duhový, losos obecný, kambala velká, mořčák evropský apod. (Jewet a kol., 1991; Papoutsoglou a Tziha, 1996; Chabot a Dutil, 1999; Thetmeyer a kol., 1999; Pichavant a kol., 2001; Person-Le Ruyet a kol., 2002; Hosfeld a kol., 2008; Stejskal a kol., 2012a; Stejskal a kol., 2012b).

Přežití v rámci našeho pokusu pozvolna klesalo a nejnižší hodnota byla zaznamenána na konci pokusu u hypoxie – 87,5 %. Ostatní skupiny se statisticky nelišily. U morčáka evropského (Pichavant a kol., 2001), kambaly velké (Person-Le Ruyet a kol., 2002) a lososa obecného (Hosfeld a kol., 2008) nebyly sledovány výrazné rozdíly v přežití ryb chovaných v hypoxii, či hyperoxii. Pstruh duhový chovaný v hyperoxických podmínkách se nelišil v růstu, přežití, ani chování od pstruha chovaného v normoxii (Jewett a kol., 1991).

Na konci experimentu dosáhly ryby v normoxii hmotnosti 18,2 g, v hyperoxii s nočním režimem normoxie 16,1 g, v prosté hyperoxii 15,3 g a v hypoxii 14,8 g. Z těchto výsledků je zřejmé, že hypoxie měla negativní vliv na růst peledě. Avšak vůči ostatním skupinám byl u hypoxie pozorován v rámci pokusu kompenzační růst a proto se dá říci, že se peleď časem adaptovala na hypoxické podmínky. Naopak poměrně překvapivé bylo zjištění, že nejvyšší hmotnosti dosáhly ryby ve skupině normoxie. Díky tomuto faktu je možné říci, že hyperoxie neměla v našem pokusu u peledě pozitivní vliv na růst, na rozdíl například od pokusu s candátem obecným, kde byl v hyperoxii pozorován zvýšený růst (Stejskal a kol., 2012b) či u lososa obecného při nasycení vody kyslíkem 120 % (Hosfeld a kol., 2008). V rámci jiných pokusů na lososovitých rybách však nebyl také zjištěn žádný pozitivní vliv na růst při zvýšené hladině nasycení vody kyslíkem (Edsall a Smith, 1990, 1991; Caldwell a Hinshaw, 1994). Person-Le Ruyet (2002) nezjistila ve svém pokusu na kambale velké žádné rozdíly v růstu u ryb chovaných v normoxii a hyperoxii.

Stejně jako u kusové hmotnosti, nejvyšší specifickou rychlost růstu měly ryby v normoxii a sice 2,8 %. Nejpomaleji ryby rostly v hypoxii a prosté hyperoxii – 2,5 %. Statistický rozdíl byl mezi skupinami zjištěn ve všech obdobích. Tyto výsledky jsou v souladu s prací Thetmeyer a kol. (1999), kteří zaznamenali u morčáka evropského v hypoxii o 24 % pomalejší růst než v normoxii.

Nejlepší hodnoty koeficientu konverze krmiva byly zjištěny v hyperoxii s nočním režimem normoxie 1,7 a naopak nejhorší v normoxii 2,2. Tyto výsledky však mohou být ovlivněny experimentálním designem, kde byla použita ad libitní krmná dávka s přihlédnutím k potravnímu reflexu ryb. Person-Le Ruyet (2002) nezjistila ve svém pokusu na kambale velké žádné rozdíly v konverzi krmiva u ryb chovaných v normoxii a hyperoxii. Rozdíl v konverzi krmiva byl zjištěn také u candáta obecného, kde byly hodnoty v pokusu následující: 0,95 pro normoxii, 0,84 pro hyperoxii a 0,98 pro hypoxii

(Stejskal a kol., 2012a). Naopak Thetmeyer a kol. (1999) nezjistili u mořčáka evropského žádný rozdíl v konverzi krmiva mezi rybami v hypoxii a normoxii. Papoutsoglou a Tziha (1996) studovali vliv koncentrace rozpuštěného kyslíku na růst tilápie modré. Průměrná tělesná hmotnost těchto ryb se zvýšila v závislosti na koncentraci rozpuštěného kyslíku (testované skupiny 31,3 %, 44,6 % a 77,5 % nasycení) a nejlepší krmný koeficient vykazaly ryby ve skupině se střední hladinou rozpuštěného kyslíku.

Fultonův koeficient se pohyboval v průběhu prezentované studie od 0,8 do 1,0 a rozdíly byly statisticky signifikantní. Naopak, Thetmeyer a kol. (1999) udává na konci experimentu kondiční stav mořčáka evropského v různé hladině nasycení vody kyslíkem následující: hypoxie 1,01, normoxie 1,06 a v oscilujících podmínkách (40 – 86 % nasycení vody O₂) 1,06. Statistický rozdíl nebyl mezi skupinami výrazný.

Negativní působení vyšších koncentrací kyslíku na síha peledě dokresluje i výsledky hematologického vyšetření, kde sice v parametru počet bílých krvinek (WBC) nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, ale to bylo způsobeno vysokou variabilitou v odezvě ryb na testované podmínky. V hypoxických a normoxických podmínkách ryby reagovali s menší variabilitou. Pokud jde o hematokritovou hodnotu (PCV) tak oba hyperoxické režimy měly vliv na snížení této hodnoty v porovnání s normoxií a hypoxií. Tento trend je ve shodě s pozorováním Jewetta a kol., (1991), který popisuje stejný efekt u pstruha duhového. U pstruha došlo ve srovnatelných podmínkách (hyperoxie 147%) k poklesu hematokritové hodnoty o 3,1 %. V této studii byly však procentuálně vyjádřené rozdíly výrazně vyšší (11%). Hladina hemoglobinu byla v hyperoxických podmínkách o 9% nižší než ve normoxických. Tyto výsledky jsou se opět ve shodě s Jewettem a kol., (1991). Při chovu peledí ve střídavé hyperoxii tento efekt nebyl pozorován a naměřené hodnoty hemoglobinu jsou srovnatelné s normoxickými a hypoxickými podmínkami.

Druhá část této práce se zabývá vlivem teploty a hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku u juvenilních peledí.

Výsledky našeho pokusu ukázaly nejnižší spotřebu kyslíku u největších ryb (18g) a naopak nejvyšší spotřebu ryb u nejmenších ryb (5g), což potvrzuje informace, které publikovali ostatní autoři (Jobling, 1981; Pauly, 1981; Waller, 1992; Buentello a kol., 2000; Mallekh a Legardére, 2002; Wunderlich a kol., 2011).

Nejnižší průměrná denní spotřeba kyslíku byla zaznamenána při nejnižší teplotě (15 °C). To odpovídá hypotéze, že v podmínkách nižší teploty vody je spotřeba kyslíku nízká i přes jeho vysokou dostupnost (Buentello a kol., 2000). Jaký vliv má teplota vody na spotřebu kyslíku jasně dokládá studie na kambale velké, kde se průměrná spotřeba kyslíku se zvýšila exponenciálně v závislosti na teplotě vody v rozmezí od 11 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 6 °C do 66 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹ při 22 °C (Mallekh a Lagardère, 2002). Waller (1992) při svém výzkumu u kambaly velké zjistil, že nejvyšší spotřeba kyslíku 100g jednotlivců byla při teplotě blížící se jejich optimální teplotě pro růst. V našem případě byly nejvyšší hodnoty zaznamenány při 19 °C a 23 °C. Jako optimální teplotu pro chov síha uvádí Siikavuopio a kol. (2012) hodnotu někde mezi 15 a 18 °C. Jobling a kol. (2010) uvádí, že doporučená teplota pro maximální růst síha by měla být mezi 12 a 18 °C.

Dále bylo potvrzeno, že spotřeba kyslíku je vyšší u krmených ryb nežli u nekrmených ryb. Wunderlich a kol. (2011) zaznamenali ve svém pokusu zabývajícím se vlivem denní krmné dávky na potřebu kyslíku juvenilního síha severního nejnižší spotřebu kyslíku (192,9 mg O₂.kg⁻¹.h⁻¹) u skupiny ryb krmených nejnižší krmnou dávkou.

Denní variabilita spotřeby kyslíku se měnila v závislosti na aplikaci krmiva. Vždy po nakrmení ryb následoval nárůst spotřeby kyslíku., což odpovídá faktu, že po nakrmení se spotřeba kyslíku zvyšuje a pak se postupně snižuje až na základní úroveň. (Jobling, 1981). U nekrmených ryb k takovým píkům nedocházelo.

6. Závěr

Pokud jde o růstové porovnání chovu síha peledě v různých kyslíkových poměrech lze říci, že umělé navyšování koncentrace kyslíku ve vodě nevede k výraznému zvýšení růstu. Naopak z výsledů hematologického vyšetření vyplývá, že peledě mohou vykazovat v podmínkách hyperoxie negativní fyziologické změny. Hospodářský přínos v podobě zlepšené konverze krmiva, bez započtení nákladů na aplikaci kyslíku je v hyperoxických podmínkách vyvážen (redukován) nižším růstem ryb než v normoxii. Negativní vliv stálé hyperoxie podtrhuje i fakt, že kondice takto chovaných ryb byla na konci odchovu horší. V podmínkách nedostatečného nasycení vody kyslíkem sice peledě v průběhu odchovu reagovali určitou mírou adaptace ve smyslu kompenzace rychlosti růstu. Tento fakt byl doprovázen sníženou měrou přežití ryb na konci odchovu.

S ohledem na spotřebu kyslíku byly u peledě potvrzeny obecně známé závislosti, a to jak hmotnostní tak teplotní. Práce však obsahuje exaktní druhově specifická data, která mohou sloužit pro další plánování zařízení s chovem peledě. Charakter výsledků dovoluje i kvantifikaci kyslíkových nároků na metabolizaci aplikovaného krmiva. Rovněž byly z pohledu spotřeby kyslíku identifikovány kritické fáze v průběhu dne.

7. Seznam použité literatury

- BARUŠ, V. a O. OLIVA. *Mihulovci a ryby 1*. Praha: Academia, 1995, 623 s.
- BOOTH, J. H. The effects of oxygen supply, epinephrine, and acetylcholine on the distribution of blood flow in trout gills. *Journal of Experimental Biology*. 1979, č. 83, s. 31-39.
- BORCH, K., F. B. JENSEN a B. B. ANDERSEN. Cardiac activity, ventilation rate and acid-base regulation in rainbow trout exposed to hypoxia and combined hypoxia and hypercapnia. *Fish Physiology and Biochemistry*. 1993, roč. 12, č. 2, s. 101-110.
- BRETT, J. R. Environmental factors and growth. In: HOAR, W. S., D. J. RANDALL a J. R. BRETT. *Fish Physiology*. Vol. VIII. London: Academic Press, 1979, s. 599-675.
- BRETT, J. R. a J. M. BLACKBURN. Oxygen requirements for growth of young Coho (*Oncorhynchus kisutch*) and sockeye (*O. nerka*) salmon at 15 °C. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1981, roč. 38, č. 4, s. 399-404.
- BUENTELLO, J. A., D. M. GATLIN a W. H. NEILL. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*. 2000, č. 182, s. 339-352.
- CALDWELL, C. A. a J. HINSHAW. Physiological and haematological responses in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. *Aquaculture*. 1994, č. 126, s. 183-193.
- CECH, J. J., S. J. MITCHELL a T. E. WRAGG. Comparative growth of juvenile white sturgeon and striped bass: Effects of temperature and hypoxia. *Estuaries*. 1984, roč. 7, č. 1.
- CROCKER, C. E. a J. J. CECH JR. Effects of environmental hypoxia on oxygen consumption rate and swimming activity in juvenile white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, in relation to temperature and life intervals. *Environmental Biology of Fishes*. 1997, roč. 50, č. 4, s. 383-389.

- CRUZ-NETO, A. P. a J. F. STEFFENSEN. The effects of acute hypoxia and hypercapnia on oxygen consumption of the freshwater European eel. *Journal of Fish Biology*. 1997, roč. 50, č. 4, s. 759-769.
- DAM, A. A. a D. PAULY. Simulation of the effects of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*. 1995, roč. 26, č. 6, s. 427-440.
- EDSALL, D. A. a Charlie E. SMITH. Performance of rainbow trout and Snake River cutthroat trout reared in oxygen-supersaturated water. *Aquaculture*. 1990, č. 90, s. 251-259.
- EDSALL, D. A. a C. E. SMITH. Effects of oxygen supersaturation on rainbow trout fed with demand feeders. *Progressive Fish-Culturist*. 1991, č. 53, s. 95-97.
- FRY, F. E. J. The effects of environmental factors on the physiology of fish. In: HOAR, W. S. a D. J. RANDALL. *Fish Physiology*. Vol. VI. San Diego: Academic Press, 1971, s. 1-98.
- GLASS, M. L., N. A. ANDERSEN, M. KRUIHOFFER, E. M. WILLIAMS a N. HEISLER. Combined effects of environmental P_{O2} and temperature on ventilation and blood gases in the carp *Cyprinus carpio* L. *Journal of Experimental Biology*. 1990, č. 148, s. 1-17.
- HANEL, L. *Naše ryby a rybaření*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 2001, 286 s.
- HANEL, L. a S. LUSK. *Ryby a mihule České republiky: rošíření a ochrana*. Vyd. 1. Vlašim: Český svaz ochránců přírody Vlašim, 2005, 447 s.
- HOCHMAN, L. *Chov síhů*. Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Edice Metodik, č. 24., 1987, 16 s.
- HOSFELD, C. D., A. ENGEVIK, T. MOLLAN, T. M. LUNDE, R. WAAGBØ, A. B. OLSEN, O. BRECK, S. STEFANSSON a S. FIVELSTAD. Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*. 2008, č. 280, s. 146-153.
- CHABOT, D. a J.-D. DUTIL. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. *Journal of Fish Biology*. 1999, roč. 55, č. 3, s. 472-491.

- JEWETT, M. G., D. J. BEHMER, G. H. JOHNSON. Effects of hyperoxic rearing water on blood hemoglobin and hematocrit level of rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health*. 1991, roč. 3, č. 3, s. 153-160.
- JOBLING, M. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. *Journal of Fish Biology*. 1981, roč. 18, č. 4, s. 385-400.
- JOBLING, M. *Fish Bioenergetics*. Vol. XIV. London: Chapman & Hall, 1994, 309 s.
- JOBLING, M., A. M. ARNESEN, T. BEFEY, C. CARTER, R. HARDY, N. LEFRANCOIS, R. KEEFE, J. KOSKELA a S. LAMARRE. The salmonids (Family: Salmonidae). In: LEFRANCOIS, Nathalie R. *Finfish aquaculture diversification*. Cambridge, MA: CABI, c2010, s. 234-288.
- JONES, J. R. E. The reaction of fish to water of low oxygen concentration. *Journal of Experimental Biology*. 1952, č. 29, s. 403-415.
- KOUŘIL, J., J. MAREŠ, J. POKORNÝ, Z. ADÁMEK, T. RANDÁK, J. KOLÁŘOVÁ a M. PALÍKOVÁ. *Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů*. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 2008, 141 s.
- KRAMER, D. L. Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental Biology of Fishes*. 1987, roč. 18, č. 2, s. 81-92.
- LOMHOLT, J. P. a K. JOHANSEN. Hypoxia acclimation in carp - how it affects O₂ uptake, ventilation, and O₂ extraction from water. *Physiological Zoology*. 1979, č. 52, s. 38-49.
- MALLEKH, R. a J. P. LAGARDERE. Effect of temperature and dissolved oxygen concentration on the metabolic rate of the turbot and the relationship between metabolic scope and feeding demand. *Journal of Fish Biology*. 2002, roč. 60, č. 5, s. 1105-1115.
- NYLANDER, E. *Producer Prices for Fish 2007*. Helsinki: Finnish Game and Fisheries Research institute, 2008, 37 s.

- PEDERSEN, Ch. L. Energy budgets for juvenile rainbow trout at various oxygen concentrations. *Aquaculture*. 1987, č. 62, s. 289-298.
- PAPOUTSOGLOU, S. E. a G. TZIHA. Blue tilapia (*Oreochromis aureus*) growth rate in relation to dissolved oxygen concentration under recirculated water conditions. *Aquacultural Engineering*. 1996, roč. 15, č. 3, s. 181-192.
- PAULY, D. The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung*. 1981, č. 28, s. 251-282.
- PERSON-LE RUYET, J., K. PICHAVANT, C. VACHER, N. LE BAYON, A. SEVERE a G. BOEUF. Effects of O₂ supersaturation on metabolism and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*. 2002, č. 205, s. 373-383.
- PICHAVANT, K., J. PERSON-LE-RUYET, N. LE BAYON, A. SÉVÈRE, A. LE ROUX, L. QUÉMÉNER, V. MAXIME, G. NONNOTTE a G. BOEUF. Effects of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot. *Aquaculture*. 2000, č. 188, s. 103-114.
- PICHAVANT, K, J. PERSON LE-RUYET, N. LE BAYON, A. SEVERE, A. LE ROUX a G. BOEUF. Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *Journal of Fish Biology*. 2001, roč. 59, č. 4, s. 875-883.
- POKORNÝ, J., Z. ADÁMEK, J. DVOŘÁK a V. ŠRÁMEK. *Pstruhařství*. 2., přepracované vyd. Praha: Informatorium, 1998, 242 s.
- RANDALL, D. J. The control of respiration and circulation in fish during exercise and hypoxia. *Journal of Experimental Biology*. 1982, č. 100, s. 275-288.
- RANTIN, F. T., M. L. GLASS, A. L. KALININ, R. M. M. VERZOLA a M. N. FERNANDES. Cardio-respiratory responses in two ecologically distinct erythrinids (*Hoplias malabaricus* and *Hoplias lacerdae*) exposed to graded environmental hypoxia. *Environmental Biology of Fishes*. 1993, roč. 36, č. 1, s. 93-97.

- SIKAVUOPIO, S. I., R. KNUDSEN, P. A. AMUNDSEN, B. S. SAETHER a P. JAMES. Effects of high temperature on the growth of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Aquaculture Research*. 2012, roč. 44, č. 1, s. 8-12.
- SOIVIO, A., M. NIKINMAA a K. WESTMAN. The blood oxygen binding properties of hypoxic *Salmo gairdneri*. *Journal of Comparative Physiology*. 1980, roč. 136, č. 1, s. 83-87.
- STEJSKAL, V., J. MATOUŠEK, B. DROZD, M. BLÁHA, T. POLICAR a J. KOUŘIL. The effect of long-term hyperoxia and hypoxia on growth in pikeperch (*Sander lucioperca*). In: *WAS and EAS (eds.): AQUA 2012*. Prague (Czech Republic), 2012a, s. 1058.
- STEJSKAL, V., J. MATOUŠEK, B. DROZD, T. POLICAR a J. KOUŘIL. The effect of oxygen saturation on feed intake and growth of pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles. In: KUCHARZYK, D., D. ZARSKI, K. TARGOŃSKA a S. KREJSZEFF. *Domestication in Finfish Aquaculture*. Olsztyn - Mragowo (Poland), 2012b, s. 102.
- STEWART, N. E., D. L. SHUMWAY a P. DOUDOROFF. Influence of Oxygen Concentration on the Growth of Juvenile Largemouth Bass. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 1967, roč. 24, č. 3, s. 475-494.
- SVOBODOVÁ, Z., D. PRAVDA a H. MODRÁ. *Metody hematologického vyšetřování ryb*. 1. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2012, 38 s. Edice Metodik, č. 122.
- ŠVINGER, V. W. a J. KOUŘIL. *Hormonálně řízená reprodukce lososovitých ryb*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2012, 54 s. Edice Metodik, č. 123.
- THETMEYER, H., U. WALLER, K. D. BLACK, S. INSELMANN a H. ROSENTHAL. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen conditions. *Aquaculture*. 1999, č. 174, s. 355-367.
- TRAN-DUY, A., J. W. SCHRAMA, A. A. VAN DAM a J. A. J. VERRETH. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 2008, č. 275, s. 152-162.

- VIELMA, J., J. KOSKELA, K. RUOHONEN, I. JOKINEN a J KETTUNEN. Optimal diet composition for European whitefish (*Coregonus lavaretus*): carbohydrate stress and immune parameter responses. *Aquaculture*. 2003, č. 225, s. 3-16.
- WALLER, U., H. ROSENTHAL a E. A. BLACK. The respiration of young coho *Oncorhynchus kisutch* at gradually declining oxygen levels and during recovery from oxygen deprivation. *Journal of Applied Ichthyology*. 1997, roč. 13, č. 2, s. 73-78.
- WEBB, P. W. Partitioning of energy into metabolism and growth. In: GERKING, S. G. *Ecology of Freshwater Fish Production*. Oxford: Blackwell, 1978, s. 184-214.
- WHITWORTH, W. R. Effects of Diurnal Fluctuations of Dissolved Oxygen on the Growth of Brook Trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 1968, roč. 25, č. 3, s. 579-584.
- WUNDERLICH, K., B. SZCZEPKOWSKA, M. SZCZEPKOWSKI, M. KOZŁOWSKI a I. PIOTROWSKA. Impact of daily feed rations for juvenile common whitefish *Coregonus lavaretus* (L.), on rearing indicators and oxygen requirements. *Archives of Polish Fisheries*. 2011, roč. 19, č. 1.
- WALLER, U. Factors influencing routine oxygen consumption in turbot, *Scophthalmus maximus*. *Journal of Applied Ichthyology*. 1992, č. 8, s. 62-71.

Webové stránky

www.fao.org

Abstrakt

Práce prezentuje výsledky experimentálního odchovu peledí v podmínkách různých kyslíkových režimů. Testovány byly čtyři varianty ve třech opakováních (hypoxie 55-65%, normoxie 85-95%, hyperoxie stálá 145-155% a hyperoxie střídavá 145-155% v průběhu dne a 85-95% přes noc). Celkem bylo do 63 dní dlouhého pokusu nasazeno 1020 ks (počáteční hmotnost $3,1 \pm 0,8$ g). Nevyšší hmotnosti dosáhly ryby v podmínkách normoxie ($18,2 \pm 4,6$ g) následované prostou hyperoxií ($15,3 \pm 3,7$ g), hyperoxií s nočním režimem normoxie ($16,1 \pm 4,1$ g) a hypoxií ($14,8 \pm 4,3$ g). Ryby chované v obou hyperoxických podmínkách reagovaly změnou hematologických ukazatelů jako je hodnota hematokritu a hladina hemoglobinu. Rovněž byla sledována spotřeba kyslíku u hmotnostního spektra ryb od 4,5 do 20 g při teplotách 15, 19 a 23 °C. Sledování bylo provedeno u krmených a nekrmených ryb. Průměrná denní spotřeba kyslíku pro hmotnostní skupinu s průměrnou hmotností 5 g byla 157 ± 6 (při 15°C), 266 ± 9 (při 19 °C) a 262 ± 9 mg.kg⁻¹.h⁻¹ (při 23 °C). U skupiny s průměrnou kusovou hmotností 9,5 g byla spotřeba kyslíku 138 ± 6 (při 15°C), 200 ± 3 (při 19°C) a 217 ± 17 mg.kg⁻¹.h⁻¹ (při 23°C). U skupiny ryb s průměrnou kusovou hmotností 18 g byla spotřeba kyslíku 102 ± 6 (při 15°C), 147 ± 6 (při 19 °C) a 154 ± 12 mg.kg⁻¹.h⁻¹ (při 23°C). Výsledky neprokázaly výhody chovu peledí v hyperoxických podmínkách. Byla získána data o spotřebě kyslíku u juvenilních peledí chovaných při různých teplotách.

Klíčová slova: Coregonidae, spotřeba kyslíku, metabolismus ryb, hyperoxie, hypoxie, normoxie, recirkulační systémy

Abstract

The results of an experimental rearing of peled under different oxygen regimes are presented in this work. Four variants were tested in three repetitions (hypoxia 55-65 %, normoxia 85-95 %, permanent hyperoxia 145-155 % and alternate hyperoxia 145-155 % during the day and 85-95 % overnight). Altogether 1020 fish (initial weight 3.1 ± 0.8 g) were reared in 63 days long experiment. The highest body weight reached fish in normoxia conditions (18.2 ± 4.6 g), followed by a permanent hyperoxia (15.3 ± 3.7 g), hyperoxia with night mode of normoxia (16.1 ± 4.1 g) and hypoxia (14.8 ± 4.3 g). Fish reared in both hyperoxia groups responded to these conditions by changing of the hematological parameters such as hematocrit and hemoglobin. Also the oxygen consumption of fish with weight from 4.5 to 20 g at temperatures of 15, 19 and 23 °C was measured. Measurements were conducted in both fed and unfed fish. The mean daily oxygen consumption for the group with body weight of 5 g was 157 ± 6 (15 °C), 266 ± 9 (19 °C) and 262 ± 9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (23 °C). In the group with body weight of 9.5 g was mean oxygen consumption measured as 138 ± 6 (15 °C), 200 ± 3 (19 °C) and 217 ± 17 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (23 °C). For the group of fish with body weight of 18 g was mean oxygen consumption measured as 102 ± 6 (15 °C), 147 ± 6 (19 °C) and 154 ± 12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (23 °C). No benefits of rearing of peled in hyperoxia conditions were demonstrated, excluding slightly better feed conversion ratio. Data of oxygen consumption in relatively wide weight range of juvenile peled kept at different water temperatures were obtained.

Keywords: Coregonidae, oxygen consumption, fish metabolism, hyperoxia, hypoxia, normoxia, recirculating aquaculture systems