

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Bakalářská práce

**Vliv délky světelného dne na příjem krmiva a růst
síha peledě (*Coregonus peled*) v intenzivním
chovu**

Autor: Martin Kos

Vedoucí bakalářské práce: Vlastimil Stejskal, Ing., Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Jan Kouřil, doc., Ing., Ph.D.

Studijní program a obor: Zootecnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 1. ročník

České Budějovice, 2016

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské 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.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu Ing. Vlastimilu Stejskalovi, Ph.D. a konzultantovi doc. Ing. Janu Kouřilovi, Ph.D. za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky při vypracování této bakalářské práce. Děkuji rovněž Ing. Michalu Gučíkovi, Ing. Janu Matouškovi a Ing. Pavlu Šablaturovi za pomoc v průběhu experimentu a získávání dat. Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a projektu NAZV (QJ1210013), za finanční podpory Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (projekt No. 074/2013/Z).

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

Jméno a příjmení: **Martin KOS**
Osobní číslo: **V15B012P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Vliv délky krmného dne na příjem krmiva a růst síha peledě
(*Coregonus peled*) v prostředí recirkulačního systému**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

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

K intenzivně chovaným druhům ryb se v poslední době zařazují i síhové (*Coregonus sp.*), především díky vysoké kvalitě masa a jistému zájmu trhu. V České republice se produkce síhů ubírala směrem extenzivního rybníčního chovu v polykultuře s kaprem. Tento způsob chovu však poskytuje značně nestabilní výsledek a obsádky síhů bývají především v podzimním a zimním období decimovány rybožravými predátory. Díky intenzivnímu chovu v recirkulačních systémech lze eliminovat negativní dopady a celkově zvýšit produkci síhů. Nicméně, je třeba dořešit mnoho chovatelských aspektů, mezi které patří i optimální délka světelného (krmného) dne.

Cílem práce bude testovat vliv různé délky světelného dne na příjem krmiva, konverzi krmiva, růst a kondiční stav síha peledě chovaného v intenzivních podmínkách recirkulačního systému. Testovány budou světelné režimy v poměrech 8:16, 12:12, 16:8, 20:4 a 23:1 (den:noc). Každá experimentální skupina bude založena ve třech opakováních.

Vlastní experiment bude 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. Podmínky prostředí a chemismus vody bude ve všech nádržích udržován na optimálních hodnotách s pravidelným monitorin-
gem reálných hodnot.

Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů v růstu a ostatních zootechnických parametrech při chovu peledě v podmínkách různé fotoperiody. Vlastní experimentální části bude předcházet zpracování literární rešerše k danému tématu.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Bromage, N., Porter, M., Randall, C., 2001. The environmental regulation of maturation in farmed fin fish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197, 63-98 s.
- Jobling, M., Koskela, J., Winberg, S., 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. *Journal of Fish Biology* 54, 437-449 s.
- Karlsen, Ø., Norberg, B., Kjesbu, O. S., Taranger, G. L., 2006. Effects of photoperiod and exercise on growth, liver size, and age at puberty in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *ICES J. Mar. Sci.* 63, 355-364 s.
- Koskela, J., Jobling, M., Pirhonen, J., 1997. Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish (*Coregonus lavaretus*). *Aquaculture* 156, 35-44 s.
- Migaud, H., Davie, A., Taylor, J. F., 2010. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *Journal of Fish Biology* 76, 27-68 s.
- Segner, H., Rosch, R., 1990. Development of dry food for larvae of *Coregonus lavaretus* L. II. Liver histology. *Aquaculture* 91, 117-130 s.
- Taylor, J. F., North, B. P., Porter, M. J. R., Bromage, N. R., Migaud, H. 2006. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 256, 216-234 s.
- Zitzow, R. E., Millard, J. L., 1988. Survival and growth of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) larvae fed only formulated dry diets. *Aquaculture* 69, 105-113 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.

Ústav akvakultury a ochrany vod

Konzultant bakalářské práce: prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání bakalářské práce: 11. prosince 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 6. května 2016


prof. Ing. Otomar Línhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Z4051 728/II
389 25 Vodňany (2)


Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 21. března 2016

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled	9
2.1 Obecná charakteristika síha peledě	9
2.1.1 Systematické zařazení síha peledě.....	9
2.1.2 Rozšíření a výskyt síha peledě	9
2.1.3 Popis	10
2.1.4 Nároky na prostředí	10
2.1.5 Potrava.....	11
2.1.6 Přirozená reprodukce.....	11
2.1.7 Umělý výtěr	12
2.2 Význam síha peledě na trhu a vývoj produkce	13
2.3 Chov síha peledě v intenzivních podmínkách.....	15
2.3.1 Historie chovu síhů v intenzivních podmínkách	15
2.3.2 Přehled dostupných krmiv vhodných pro chov juvenilních síhů	16
2.3.3 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na reprodukci.....	18
2.3.4 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na fyziologické ukazatele a stres ...	20
2.3.5 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na růst juvenilních stádií ryb	21
3. Materiál a Metodika.....	23
3.1 Vliv délky krmného dne (fotoperiody) na růst síha peledě.....	23
3.1.1 Získání a odchov experimentálního materiálu	23
3.1.2 Popis aparatury a systému pro odchov	23
3.1.3 Vlastní popis experimentu	24
3.1.4 Produkční ukazatelé použité ke zhodnocení dat.....	28
3.1.5 Programy využité pro měření, výpočty a grafy	29
4. Výsledky	30
4.1 Průběh hmotnosti během experimentu.....	30
4.2 Konfrontace celkové délky těla na začátku a na konci experimentu	30
4.3 Konfrontace délky těla na začátku a na konci experimentu.....	32
4.4 Konfrontace koeficientu kondice na začátku a na konci experimentu.....	32

4.5 Přežití v průběhu experimentu	32
4.6 Vývoj biomasy během experimentu.....	34
4.7 Množství spotřebovaného krmiva během experimentu	35
4.8 SGR – specifická rychlost růstu	36
4.9 FCR – krmný koeficient.....	36
5. Diskuze	38
6. Závěr	42
7. Seznam použité literatury	43
8. Seznam obrázků	49
9. Abstrakt.....	51
10. Abstract.....	52

1. Úvod

Síhové rodu *Coregonus* jsou u nás nepůvodními druhy ryb. Areálem jejich původního přirozeného výskytu jsou jezera a velké řeky bývalého SSSR, odkud k nám byly tyto ryby úspěšně introdukovány, v případě síha peledě od roku 1970.

Mezi největší producenty síhovitých ryb v Evropě dlouhodobě patří Švédsko, Finsko a Rusko, tedy země, které mají díky své geografické poloze, vhodnému klimatu a značnému množství velkých vodních útvarů ideální podmínky k produkci síhů, která je nejčastěji realizována prostřednictvím jezerního rybolovu, v menší míře potom chovem v klecových systémech.

Na území ČR byli v minulosti síhové považováni za významný doplňkový druh ryb do kaprových rybníků, neboť jejich potravní nároky se výrazně liší od potravních nároků kapra, díky čemuž si tyto druhy potravně velmi málo konkurují, což přispívá k efektivnějšímu využití spektra potravní nabídky daného rybníka, především ve vyšších polohách.

Produkce síhů v ČR má v období od 70. let 20. století až po současnost klesající tendenci, která je zaviněna především likvidačním predačním tlakem ze strany kormorána velkého (*Phalococrcorax carbo*), ale i dalších rybožravých predátorů, pro které představují síhové snadno dostupnou potravu (www.eagri.cz). Za stávající legislativy v oblasti ochrany přírody nelze předpokládat výrazné snížení početních stavů kormoránů. I z toho důvodu se nejen v ČR rozvíjí intenzivní chov síhů ve speciálních rybochovných zařízeních, například recirkulačních systémech.

V dnešní době roste poptávka po lososovitých rybách a právě síhové mají potenciál rozšířit jejich nabídku, neboť tyto ryby vynikají kvalitním a chutným masem, které je ceněno zejména v uzené úpravě. Další uplatnění síhů se nabízí v oblasti vysazování do rybářských revírů, ve kterých mohou rozšířit druhovou pestrost a díky specifické biologii odlišné od běžně vysazovaných druhů je mohou výrazně zatraktivnit.

Hlavním cílem této práce je testovat vliv různé délky světelného dne (fotoperiody) na růstové parametry (hmotnostní a délkový růst), krmný koeficient, specifickou rychlost růstu, kondici a přežití ryb.

2. Literární přehled

2.1 Obecná charakteristika síha peledě

2.1.1 Systematické zařazení síha peledě (*Coregonus peled*) (www.itis.gov)

Nadtřída: ryby – *Osteichthyes*

Třída: paprskoploutví – *Actinopterygii*

Řád: lososotvaří – *Salmoniformes*

Čeleď: lososovití – *Salmonidae*

Rod: síh – *Coregonus* (Linnaeus, 1758)

Druh: síh peled' – *Coregonus peled* (Gmelin, 1789)

Další druhy (Baruš a Oliva, 1995):

Coregonus albula (Linnaeus, 1758)

Coregonus lavaretus (Linnaeus, 1758)

- *Coregonus lavaretus wartmanni* (Bloch, 1784)
- *Coregonus lavaretus infraspecies oxyrinchus* (Linnaeus, 1758)
- *Coregonus lavaretus maraena* (Bloch, 1779)

Coregonus autumnalis (Pallas 1776)

- *Coregonus autumnalis autumnalis* (Pallas, 1776)
- *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi, 1775)
- *Coregonus autumnalis laurettae* (Bean, 1882)

2.1.2 Rozšíření a výskyt síha peledě

Areál původního rozšíření síha peledě je na území bývalého SSSR, kde je ohraničen řekami Mezeň a Kolyma. V současné době se území výskytu značně rozšířilo a to zejména vlivem introdukcí (Baruš a Oliva, 1995).

Introdukované populace síhů se nachází v mnoha evropských státech: Belgie, Bulharsko, Estonsko, Finsko, Německo, Maďarsko, Lotyšsko, Polsko, Rumunsko, Rusko, Srbsko, Černá hora, Slovensko, Švédsko, Ukrajina (Hanel a Lusk, 2005). Ve své domovině tvoří peled' dvě formy – tažnou a netažnou. Tažná forma se vyskytuje

v řekách a v době tření migruje. Netažná forma se vyskytuje v jezerech a v době tření vytahuje k pobřeží (Holčík, 1998). Na území ČR byla peleď poprvé dovezena v roce 1970. Dodnes je chována v chladných rybnících v jižních a západních Čechách a na Českomoravské vrchovině (Dungel a Řehák, 2005). Byla vysazována i do rybářských revírů, např. Lipna nebo Jesenice a do vodárenských nádrží Želivky a Podhory (Hanel a Lusk, 2005). Od počátku osmdesátých let docházelo k hybridizaci *Coregonus lavaretus maraena* a *Coregonus peled*, vzniklí kříženci vykazovali rychlý růst a reprodukční vlastnosti obdobné druhu *Coregonus peled* (Pokorný a kol. 1998). Následné samovolné šíření hybridů vedlo v ČR ke ztrátě genetického typu a zhoršení reprodukčních vlastností síhů (Hanel a Lusk, 2005).

2.1.3 Popis

Síh peleď dorůstá délky 55 cm a dosahuje hmotnosti 2 – 2,5 kg, výjimečně 5 – 6 kg. Má vysoké tělo, terminální ústa, spodní čelist je přehnuta před horní. Charakteristickým znakem jedinců bývá obloukovitě zdvihnutou hřbetní část těla (Baruš a Oliva, 1995). Hřbet, hlava a ploutve mají tmavé zbarvení, břicho a boky jsou světlé, na dorsální ploutvi se nachází černé skvrnky, které představují spolu s počtem žaberních tyčinek (u peledě 46-69) důležitý determinační znak (Hanel a Lusk, 2005)

2.1.4 Nároky na prostředí

Peleď je hejnová pelagická ryba vyžadující čistou a chladnou vodu s odpovídajícím množstvím rozpuštěného kyslíku krátkodobě je však schopna tolerovat i vyšší teplotu vody až do úrovně 27°C (Dubský a kol., 2003). Peleď snáší teplotní rozmezí mezi 0,5 až 30 °C, koncentraci kyslíku ve vodě v zimě 1,5 až 2 mg.l⁻¹ a v létě 4 až 5 mg.l⁻¹ a toleruje pH 6,3 až 9 (Čítek a kol., 1998). Matoušek a kol. (2014) se ve své studii dopracoval k odlišným hodnotám, uvádí, že pro juvenilní peledě se optimální teplota z hlediska přežití pohybuje v rozmezí od 13 do 19 °C, při teplotě 25 °C a vyšší dochází k velmi výraznému nárůstu mortality, za optimální z pohledu rychlosti růstu považuje teplotu 19 °C. V konfrontaci s ostatními druhy síhů je peleď ve vztahu k teplotě vody a obsahu kyslíku nejtolerantnější (Dungel a Řehák, 2005). Je citlivá na zakalení a znečištění vody (Hanel a Lusk, 2005). Ačkoliv se jedná o typicky sladkovodní druh, dokáže peleď žít i v brakických vodách (Szczerbowski, 1995). Obdobně jako ostatní

druhy síhů je i peleď velmi citlivá na nešetrnou manipulaci a je třeba s ní zacházet opatrně (Baruš a Oliva, 1995).

2.1.5 Potrava

K prvnímu příjmu exogenní výživy dochází 7. až 14. den po vylíhnutí, ve složení potravy se nachází vířníci (Rotatoria), naupliová stádia klanonožců (Copepoda), později potom raná vývojová stádia perlooček (Cladocera) a pakomáří larvy (Chironomidae) (Hochman a kol., 1978). Adultní jedinci se živí zooplanktonem, náletovou potravou, drobnými rybkami a měkkýši (Mollusca) (Dubský a kol., 2003). Při nedostatku této potravy je schopna přijímat bentos (Čítek a kol., 1998). Peleď na svém filtračním aparátu zachytí i drobné druhy zooplanktonu, které projdou filtračním ústrojím kapra, díky tomuto efektivnímu využívání potravních zdrojů dokáže zvýšit celkovou produkci rybníků (Pokorný a kol., 1998). Potrava je přijímána v průběhu celého roku (Rešetnikov, 1980).

2.1.6 Přirozená reprodukce

Pohlavní dimorfismus je patrný v době tření, kdy se obvykle u samců, méně často u samic objevuje třecí vyrážka v podobě epiteliálních bradavek (Žukov 1965) viz. Obr. 1. Nástup pohlavní zralosti je závislý na potravních podmínkách a nastává v prvním až pátém roce života, mlíčáci ji obvykle dosahují dříve než jikernačky (Dubský a kol., 2003). Dulmaa (2012) ve své studii uvádí, že v jezeře, ve kterém se vyskytuje pouze populace síha peledě, tyto ryby pohlavně dospívají ve třetím, výjimečně ve druhém roce života a to při minimální hmotnosti 295 g a délce 323 mm. V areálu jeho přirozeného výskytu dochází k výtěru od září do ledna, při teplotě vody 0-8 °C. V našich podmínkách k přirozenému výtěru obvykle nedochází, produkce je tedy zajišťována prostřednictvím umělého výtěru (Baruš a Oliva, 1995). Jikernačka vyprodukuje 40 až 70 tisíc jiker žlutooranžové barvy o velikosti 2 až 2,5 mm. Inkubační doba se pohybuje v rozmezí 160 – 200 d° (Pokorný a kol., 1998). Gonadosomatický index u pohlavně dospělých jikernaček se pohybuje v rozmezí od 9 do 25 % (Dulmaa, 2012). V některých údolních nádržích není peleď schopna přirozené reprodukce, ačkoliv v nich nachází vhodné podmínky i potravu, díky čemuž zde vykazuje rychlý růst. Příčinou je

pravděpodobně vysoká trofie vody a kolísání vodní hladiny v důsledku vodohospodářských operací (Malbrouck a kol., 2006).



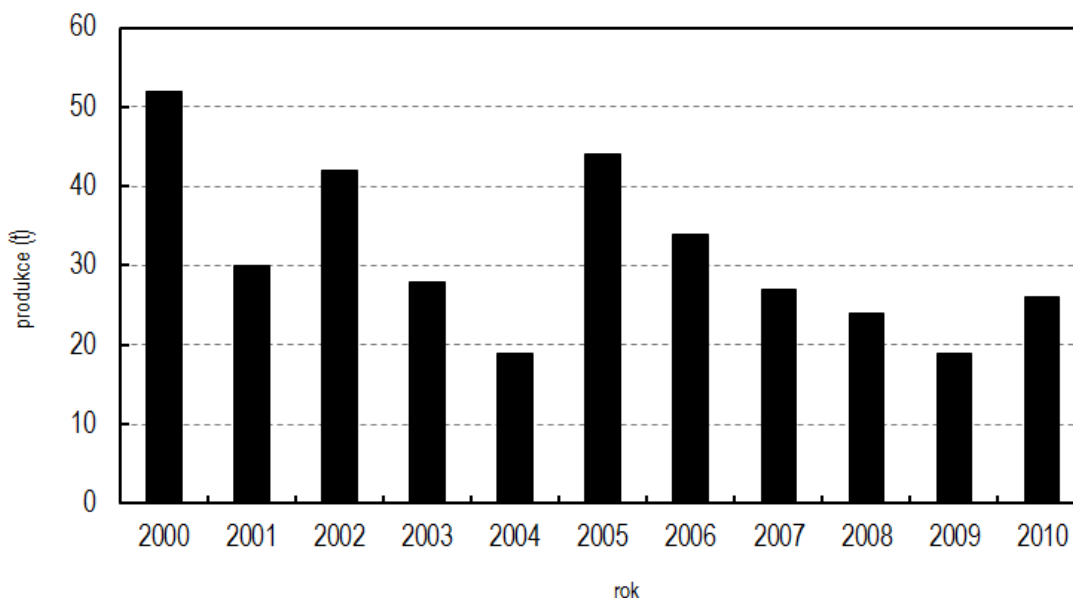
Obr. 1. Pohlavní dimorfismus síha peledě v období tření, nahoře mličák, dole jikernačka

2.1.7 Umělý výtěr

Umělý výtěr síhů probíhá analogicky jako umělý výtěr lososovitých druhů ryb. Generační ryby jsou zajišťovány v poměru 1:1,5 ve prospěch mličáků, neboť ti produkují velmi málo mlíčí. Látky uměle ovlivňující ovulaci se u výtěru peledě nepoužívají (Kouřil a kol, 2008). Generační ryby určené k umělému výtěru musí být nutně homozygotního typu, neboť je důležité opětovně získat a udržet čisté homozygotní linie a vyvarovat se rozmnožování ryb o různém stupni heterozygotnosti (Hochman, 1987).

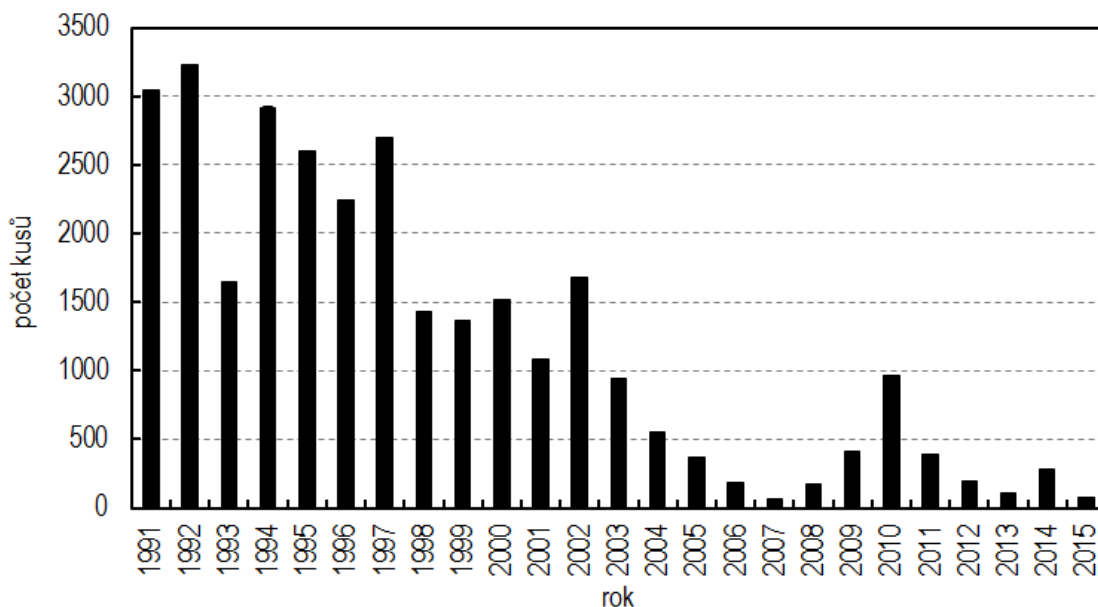
2.2 Význam síha peledě na trhu a vývoj produkce

Chov a trh se síhy lze rozdělit do dvou kategorií. První je produkce násad, především ročka, která je perspektivní zejména v podobě násadového materiálu do recirkulačních systémů, druhou kategorií je chov a produkce tržních ryb (Hartman a Regenda, 2014). Konzumní velikost peledě se pohybuje kolem hmotnosti 300 g (Merten, 2012). Této velikosti dosahuje ve věku 2 – 3 let (www.eagri.cz). Peleď je charakteristická svou měkkou, po konzumní úpravě rozpadavou svalovinou s vysokým obsahem tuku, díky čemuž je ceněna zejména v uzené podobě, vlivem křehkosti svaloviny je lépe před procesem uzení trup ryby uměle zpevnit (Hochman, 1987). Maso obsahuje 10% i více tuku (Pokorný a kol., 1998). V sedmdesátých letech minulého století se síhové řadili mezi významné druhy ryb, vinou rozšiřujících se populací kormoránů, kteří na síhy zejména v násadové velikosti vytváří značný predační tlak, jsou již několik let na okraji zájmu chovatelů (Obr. 1) (www.eagri.cz). Historicky nejvyšší produkce síhů na našem území bylo dosaženo v roce 1981, tehdejší produkce činila 429 tun (Mareš a Burleová, 1983).



Obr. 2. Celková produkce síhů v ČR v letech 2000 až 2010

Trend úpadku početních stavů síhů na našem území je patrný i na počtu vykázaných úlovků sportovních rybářů na pstruhových i mimopstruhových revírech Českého rybářského svazu (Obr. 2) (www.rybsvaz.cz).



Obr. 3. Přehled úlovků síhů na revírech Českého rybářského svazu v letech 1991 až 2015

Peleď bývá v současnosti na trhu dostupná pouze v období podzimních výlovů či po výtěru generačních ryb až do poloviny ledna, výjimečně při jarních výloveh nebo letních odloveh na plné vodě (Hartman a Regenda, 2014). Chovem síhů se v současnosti zabývá jen malé množství podniků. Jedním z nich je Rybářství Velké Meziříčí, které nabízí 1 kilogram peledě či marény za jednotnou cenu 95 Kč (www.velkostatek.webnode.cz). Rybářství Martínkův mlýn nabízí pouze marénu a to v ceně 82 Kč/kg (www.rybarstvimartinkuvmlyn.cz). V konfrontaci s obvyklými cenami našich druhů ryb na našem trhu lze síhy považovat za poměrně levné, neboť jen lehce překračují obvyklou cenu kapra a zároveň jsou o poznání levnější než pstruzi. Další společností zabývající se v ČR chovem síhů je např. KINSKÝ Žďár, a.s., která dodala násadový materiál pro tento experiment.

Firma Bosfood vyrábí kaviár ze síhů, do ČR je tento produkt importován z Německa v baleníh o netto hmotnosti 200 g, jehož cena činí 699 Kč (www.toppotraviny.cz).

Síhové a výrobky z nich jsou mnohem lépe dostupné v severní a východní Evropě, kde představují velmi oblíbený pokrm. V této oblasti je produkce síhů závislá

především na lovu na jezerech, do kterých byla peled' v minulosti introdukována. Salonen a kol. (2007) uvádí, že v 80. letech 20. století byli do uměle vybudovaných vodních nádrží ve Finsku peledě vysazeni za účelem efektivního zhodnocení produkce zooplanktonu, velmi rychle se adaptovali a začali se přirozeně rozmnožovat, což způsobilo značný vzestup rybářství v této oblasti. V Polsku síhové patří mezi jeden z nejdostupnějších a ekonomicky nejdůležitějších druhů sladkovodních ryb (Mickiewicz a Wolos, 1999). Celková produkce síhů v Evropě je nízká, nicméně za posledních 10 let vzrostla z 50 na 1000 tun a v blízké budoucnosti se očekává překonání hranice 4000 tun/rok (Jobling a kol., 2010).

2.3 Chov síha peledě v intenzivních podmínkách

2.3.1 Historie chovu síhů v intenzivních podmínkách

Peled' byla na naše území poprvé dovezena v roce 1970 Státním rybářstvím Klatovy do líhně v Žichovicích (Lusk a kol., 1992). Již v roce 1971 došlo k prvnímu umělému zkřížení peledě s marénou, která se na našem území již vyskytovala. Kříženci se v první filiální generaci vyznačovali rychlým růstem a dobrými reprodukčními vlastnostmi, následně však docházelo k vzájemnému křížení původních druhů a hybridů, což vyústilo ve zvýšenou mortalitu zárodků a plůdku v počáteční fázi odchovu a zhoršení reprodukčních vlastností u dospělých ryb (Dubský a kol., 2003). V současnosti je vyvíjena snaha o opětovné získání obou původních druhů (Pokorný a kol., 1998). Jediným podnikem na našem území, který v současné době disponuje čistými druhy marény a peledě je Rybářství Mariánské Lázně (Flajšhans a kol., 2013).

Odchov plůdku síhů lze rozdělit do 4 následujících typů: odchov v rybnících, odchov na sádkách, odchov v klecích a odchov ve speciálních zařízeních (Hartman a Regenda, 2014). K úspěšnému odchovu plůdku síhů je třeba dostatek přirozené potravy, kterou představuje zooplanktonu, ten je možno získat např. pomocí větších planktonových sítí (Hochman, 1987). Při odchovu plůdku v klecích je využíváno kladného fototropismu zooplanktonu, ten je lákán ke klecím prostřednictvím jejich vnitřního osvětlení v noční době (Kouřil a kol., 2008).

Klecový odchov byl realizován zejména v Polsku, ale provozovali jej i některé naše podniky (Hartman a Regenda, 2014). Odchovem ve speciálních zařízeních se rozumí odchov ve žlabech či jiných nádržích různého tvaru a konstrukce, tato technologie je náročná zejména na udržení odpovídajících podmínek (teplota, chemismus, obsah kyslíku) a správnou intenzitu krmení (Hochman, 1987). Po vysazení váčkového plůdku do nádrží je vhodné postupně zvyšovat teplotu, za účelem zvýšení intenzity růstu, po vysazení se teplota pohybuje okolo 5 °C, ke konci odchovu potom až 18 °C (Hochman, 1987). Z důvodu nemožnosti kontroly a evidence odchovávaných ryb se je současným trendem kontrolovaný chov peledí v prostředí recirkulačních akvakulturních systémů, což vede k diverzifikaci spektra intenzivně chovaných druhů ryb (Stejskal a kol., 2015).

2.3.2 Přehled dostupných krmiv vhodných pro chov juvenilních síhů

Na světovém trhu existuje velké množství výrobců krmiv, orientujících svou produkci na akvakulturu. Mezi nejvýznamnější představitele s nejširší nabídkou produktů pro chovatele sladkovodních lososovitých ryb se řadí firmy BioMar Group, Coppens International a Aller Aqua. Krmivo určené přímo pro síhy vyrábí firmy Aller Aqua a BioMar. Coopens International produkuje krmiva určená pro pstruhy duhové (*Parasalmo mykiis*), jejichž nutriční složení není příliš odlišné a odchov peledě s nimi lze realizovat. Potřebám juvenilního stádia peledě nejlépe odpovídá krmivo o velikosti částic přibližně 0,4 - 2 mm.

BioMar Group

Hlavní oblastí zájmu této firmy je produkce krmiv pro lososy a pstruhy v Norsku, Velké Británii a Chile a pro pstruhy, úhoře, mořské okouny a pražmy v kontinentální Evropě. Přibližně jedna pětina celkové produkce ryb v Evropě a Chile je krmena produkty této firmy, která celosvětově zásobuje 70 zemí a zabývá se výrobou krmiv pro více než 30 druhů ryb. Roční produkce firmy mezi lety 2012 až 2015 činila každoročně bezmála jeden milion tun krmiva. Biomar svými produkty kompletně pokrývá potravní nároky ryb během jejich celého životního cyklu. Jedním z vhodných krmiv pro juvenilní síhy od tohoto výrobce je INICIO Plus, extrudované pelety, které jsou vyráběny v několika variantách lišících se velikostí částic, 0,5 – 1,9 mm. Krmivo obsahuje vysoké

množství bílkovin, vyvážený aminokyselinový profil, omega-3 mastné kyseliny a vyvážené množství vitamínů a stopových prvků. Nutriční složení krmiva INICIO Plus 0,8 mm: protein 56 %, tuk 18 %, celulóza 0,02 %, popel 12,1 %, fosfor 1,7 %, vitamin A 7 500 mg.kg⁻¹, vitamin D3 1 500 mg.kg⁻¹, vitamin C 1 000 mg.kg⁻¹, Vitamin E 460 mg.kg⁻¹. Pelety jsou vyrobeny tak, aby při krmení postupně pomalu propadávaly vodním sloupcem, čímž je zajištěna jejich vyšší atraktivita u ryb (www.biomar.com).

Coppens International

Společnost se specializuje na vývoj i přímou výrobu krmiv pro všechna stádia většiny chovaných druhů ryb. Své produkty importuje do více než 60 zemí. Ačkoli v současnosti neprodukuje krmivo určené přímo pro peledě, lze použít krmivo, které je primárně určeno pro pstruha duhového. Takovým krmivem je například Trout Crumbles. Krmivo postavené na bázi rybí moučky, rybího tuku a krevních produktů je doplněno o B-glukan, látku odpovědnou za zvyšování obranyschopnosti organismu. Krmivo napomáhá efektivnímu využití bílkovin a energie, rychlému růstu a nízké mortalitě a vyrábí se ve 4 velikostech: 0,3 – 0,5 mm, 0,5 – 0,8 mm, 0,8- 1,2 mm a 1,2 - 1,5 mm. Nutriční hodnoty se u těchto typů mírně liší, u Trout Crumbles 0,8 -1,2 mm jsou následující: protein 61 %, tuk 18 %, vláknina 0,1 %, popel 11,6 %, fosfor 2,1 %, vitamin A 12 880 mg.kg⁻¹, vitamin D3 není uveden, vitamin C 258 mg.kg⁻¹, vitamin E 276 mg.kg⁻¹ (www.coppens.eu)

Aller Aqua

Rodinná firma zabývající se výrobou krmiv pro sladkovodní i mořskou akvakulturu realizuje svou výrobu ve čtyřech střediscích, v Dánsku, Polsku, Německu a Egyptě. Společnost disponuje vlastním pokusným areálem, v němž testuje své produkty, které následně exportuje do více jak 70 zemí. Společnost vyrábí krmivo přímo určené pro síhy v široké paletě velikostí např. Aller Futura EX 1,3 mm složené z následujících komponentů: rybí moučka, rybí tuk, krillová moučka, vitamíny a minerály ve formě premixu, pšenice, pšeničný lepek a kvasnice. Nutriční profil této diety: protein 56 %, tuk 18 %, celulóza 0,02 %, popel 12,1 %, fosfor 1,7 %, vitamin A 7 500 mg.kg⁻¹, vitamin D3 1 500 mg.kg⁻¹, vitamin C 1 000 mg.kg⁻¹, Vitamin E 460 mg.kg⁻¹.

tuk 18 %, vláknina 0,5 %, popel 9 %, fosfor 1,2 %, vitamin A 10 000 mg.kg⁻¹, vitamin D3 1 000 mg.kg⁻¹, vitamin E 400 mg.kg⁻¹(www.aller-aqua.com).

2.3.3 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na reprodukci

Sezonnost je důležitým adaptivním znakem druhů ryb mírného klimatu, protože ovlivňuje většinu fyziologických ukazatelů, jakými jsou např. reprodukční cyklus, růst a pohybová aktivita. Fotoperioda je nepochybně jedním z nejlépe předvídatelných jevů a má zásadní vliv u většiny živých organismů včetně ryb v mírných oblastech. Fotoperioda je přímo určující pro tvorbu gonád a následné tření. (Migaud a kol., 2010). Závislost doby reprodukce na fotoperiodě zapříčiňuje, že potomstvo se narodí do relativně optimálních podmínek, což zajišťuje vyšší úroveň přežití (Sumpter, 1990). V posledních několika desítkách let se mnoho vědců pokoušelo vyzkoumat souvislosti délky světelného dne s produkcí melatoninu a jeho úloze v rozmnožování kostnatých ryb, avšak bez velkého úspěchu. Ve skutečnosti plní hormon melatonin funkci jakéhosi udržovače pohlavních hormonů u ryb, neboť jeho produkce je přímo závislá na délce světelného dne. Nedá se však říci, že by přímo působil na reprodukci ryb. V poslední době však některé studie naznačují, že melatonin interaguje s rozmnožovací soustavou na řadě důležitých úkonů jako je například synchronizace konečného zrání oocytů v gonádách. (Migaud a kol., 2010).

Reprodukce ryb je závislá na několika biotických i abiotických faktorech jakými jsou kromě fotoperiody teplota vody, fáze měsíce, množství srážek, dostupnost potravy, dostupnost vhodného habitatu a třecího substrátu a také poměr mezi pohlavími v rámci populace. Všeobecně je uznáváno, že délka světelného dne působí jako spouštěč reprodukce, zatímco teplota vody ovlivňuje spíše tempo reprodukčního vývoje (Migaud a kol., 2010). Reprodukce je dlouhodobý proces, který je energeticky velmi náročný a z toho důvodu brzdí somatický růst ryb (Migaud a kol., 2010). Zahrnuje totiž významné změny v ukládání energie, která je primárně spotřebovávána na tvorbu gonád, což vede k výraznému snížení rychlosti somatického růstu (Lundqvist, 1980). Z toho důvodu je opoždění pohlavní dospělosti velmi žádoucím rysem v chovech mnoha druhů ryb (Longalong a kol., 1999). V široké škále mořských i sladkovodních druhů již bylo dokázáno, že zrání pohlavních produktů lze uměle regulovat prostřednictvím manipulace s fotoperiodou (Bromage a kol., 2001). Prostřednictvím této manipulace se

rybami přijatá energie nespotebovává na tvorbu pohlavních orgánů, nýbrž je využita k růstu svalstva a rovněž se ukládá ve formě tuku v dutině břišní (Gines a kol., 2003). Tyto informace potvrzuje i několik na sobě nezávislých studií, které zkoumali právě vliv fotoperiody na různé parametry týkající se reprodukce ryb v chovu.

Noori a kol. (2015) ve své studii zkoumali účinky jedné přirozené a tří různých umělých fotoperiod na vývoj gonád a somatického růstu pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*). Dva roky staré pohlavně nedospělé samice pstruha duhového o hmotnosti $279,94 \pm 2,25$ g vystavili třem umělým typům světelných režimů 24 světlo:tma, 18:6 a 6:18 a přirozené délce světelného dne po dobu 5 měsíců. Nejvyšší gonadosomatické indexy byly zaznamenány u skupiny s přirozeným osvětlením a u skupiny 6: 18. U skupin, kde bylo osvětlení delší, byly gonadosomatické indexy signifikantně nižší. U skupin 24:0 a 18:6 byly ryby větší a měli lepší specifickou rychlost růstu (SGR). Nejvyšší střední konečná hmotnost ($635,45 \pm 16,19$ g) a SGR ($1,03 \pm 0,04\%$ den⁻¹) byly získány na základě fotoperiody 24:0. Ryby vystaveny fotoperiodě 24:0 a 18:6 vykazaly nejvyšší koeficient kondice $1,44 \pm 0,01$ a $1,44 \pm 0,02$ v uvedeném pořadí, v porovnání s přirozenou fotoperiodou ($1,27 \pm 0,01$) a skupinou 6:18 ($1,34 \pm 0,02$). Tyto výsledky naznačují, že kontinuální umělé osvětlení dokáže efektivně oddálit vývoj gonád a zvýšit tempo rychlosti somatického růstu u pstruha duhového.

Velkým problémem v chovu tilápií (*Oreochromis niloticus*) je častá reprodukce jikernaček, což vede ke zvýšené konkurenci o potravu a zakrnění tělesného růstu. Proto byla zkoumána možnost manipulace s fotoperiodou k zastavení nebo zpomalení reprodukční výkonnosti tilápie. Ryby o hmotnosti 230-240 g byly v této studii rozděleny do tří skupin o délkách světelného dne 6:6, 12:12 a 14:10. Teplota vody u všech skupin činila 28 °C. Byl hodnocen vliv fotoperiody na reprodukční parametry plodnosti, kvalitu gamet a celkovou reprodukční úspěšnost. Steroidní úroveň estradiolu – E2 a testosteronu - T, byli analyzovány v průběhu třetího cyklu první den po vytření a poté ve třídenních intervalech. Celkem 72 jikernaček z každé fotoperiody bylo zkoumáno na měnící se strukturu E-2, T a GSI. Ryby vystaveny fotoperiodě 12:12 a 14:10 se stále úspěšně rozmnožovaly, zatímco ty v periodě 6:6 svou reprodukci zastavily po 3 až 4 cyklech. Pozastavení reprodukce u ryb vystavených fotoperiodě 6:6 bylo provázeno výrazným poklesem plazmatických hladin E2. Naproti tomu neexistuje žádný významný rozdíl v hladinách T mezi rybami z různých fotoperiod. Tyto nálezy

naznačují, že manipulace s délkou fotoperiody může být použita k zastavení reprodukce tilápie (Biswas a kol., 2005).

Mlíčáci i jikernačky okouna říčního (*Perca fluviatilis*) o hmotnosti a délce 336 ± 109 g a 277 ± 29 mm byly vystaveny třem typům fotoperiod, 24:0, 16:8 a přírodní fotoperiodě. Objektem zkoumání byl rozdíl mezi skupinami v hodnotách gonadosomatického indexu a produkce estradiolu a testosteronu. Na konci 83 dní experimentu trvajících od poloviny července do konce října bylo zjištěno, že všichni jedinci bez ohledu na pohlaví, kteří byli podrobeni účinkům přirozené fotoperiody, vyvinuli své gonády, přičemž u jikernaček činil GSI nejméně 3 %, u mlíčáků min. 6 %. U skupiny s fotoperiodou 16:8 byl vývoj gonád velice variabilní, pouze 20 % mlíčáků a 40 % jikernaček dosahoval GSI jako u ryb při přirozené fotoperiodě, tzn. 3% a více u jikernaček a 6 % a více u mlíčáků. Ryby vystavené kontinuálnímu osvětlení své gonády vůbec nedokázaly vyvinout. Hladina testosteronu v plazmě byly na konci pokusu signifikantně zvýšená u mlíčáků i jikernaček ve skupině s přírodní fotoperiodou, kde dosáhla hodnoty 16,6 a 18,5 ng·ml⁻¹ v uvedeném pořadí zatímco u umělých fotoperiod nabyly hodnot 7,2 a 5,3 ng·ml⁻¹ u 16:8 a 2,4 a 0,7 u 24:0. Hladina estradiolu byla rovněž výrazně vyšší u přírodní fotoperiody následována skupinou 18:6 a 24:0 (Migaud a kol., 2004).

2.3.4 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na fyziologické ukazatele a stres

Rybí krev (*sanguis*) je neprůhledná viskozní kapalina červené barvy, u většiny sladkovodních kostnatých ryb tvoří 1 – 2 % hmotnosti těla, u některých salmonidů je to však až 6 % (Harvey, 2001). Počet červených krvinek (erytrocytů) u sladkovodních ryb kolísá mezi $0,7 - 2 \cdot 10^{11} \cdot l^{-1}$ a je ovlivněn řadou faktorů, např. věkem, pohlavím, ročním obdobím či pohlavní aktivitou (Anderson a kol., 1985). Primární funkcí erytrocytů je transport krevních plynů (Powers, 1980). Poměr mezi objemem červených krvinek a plné krve se nazývá hematokrit. Počet bílých krvinek (leukocyty) se u ryb pohybuje v rozmezí $30 - 100 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$, a je závislý na obdobných faktorech jako v případě erytrocytů. Primárním úkolem leukocyty je ochrana před patogenními agens (Pravda a Paláčková, 1998). Krevní destičky (trombocyty) se u ryb vyskytují v počtu $10 - 40 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ (Svobodová a kol., 1986). Hlavní funkcí krevních destiček je zástava krvácení (Doubek a kol., 2003).

Výše uvedené hematologické parametry jsou vnímány jako ukazatele zdravotního stavu a stresu ryb, avšak informací o účincích umělých fotoperiod na tyto parametry je málo a jsou nejednoznačné (Valenzuela a kol., 2007).

Valenzuela a kol. (2008) se ve své studii zabývá vlivem dvou umělých fotoperiod (24:0 a 12:12) a teploty vody na hematologické parametry u pstruhů duhových chovaných ve sladké vodě. Vzorky rybí krve byly odebrány 7. 14. a 30. den pokusu. U ryb ve skupině s fotoperiodou 24:0 se nezávisle na teplotě projevil zvýšený počet erytrocytů a vyšší hematokrit, zároveň byl u ryb z této fotoperiody pozorován úbytek lymfocytů, ovšem až po 14 dnech trvání experimentu. Při teplotě vody 18 °C nezávisle na fotoperiodě byl u všech skupin zaznamenán snížený počet leukocytů, lymfocytů i krevních destiček. Tyto změny počtů krevních buněčných elementů byly pravděpodobně zapříčiněny zvýšením teploty a kontinuálním osvětlením nádrží. Studie prokázala, že společné negativní působení obou faktorů může znamenat riziko zhoršení zdravotního stavu ryb.

2.3.5 Vliv délky světelného dne (fotoperiody) na růst juvenilních stádií ryb

Zrakové ústrojí (*organum visus*) je tvořeno oční koulí (*bulbus oculi*) a soustavou pomocných orgánů oka (*organa oculi accesoria*), díky němu jsou ryby schopny přijímat světelné informace ze svého okolí. Velikost očí je jedním z určujících faktorů pro způsob života a potravní orientaci, neboť jednotlivé druhy vidí tím lépe, čím větší mají oči. To je důvod, proč mají druhy ryb s denní aktivitou větší oči než druhy s aktivitou noční (Oliva, 1965).

Pozitivní vliv delšího světelného dne je prokázán u ryb v jejich larvální periodě vývoje, ovšem v juvenilní periodě je jeho vliv považován za neutrální (Kiyono a Hirano, 1981). Většina druhů ryb potřebuje ke svému zdárnému růstu a vývinu, alespoň minimální intenzitu světla potřebnou pro orientaci jedince a pigmentaci těla. Příliš intenzivní světlo však může působit rušivě a vést k vyšší mortalitě Boeuf a Le Bail (1999). Délka fotoperiody je u juvenilního stádia ryb důležitá zejména z hlediska příjmu potravy. Interval střídání světelné a temnostní fáze má vliv na ochotu ryb přijímat krmivo. U juvenilních jedinců tilapie nilské, bylo zjištěno, že při fotoperiodě 6:6 a krmení čtyřikrát denně jsou ryby nejvíce stimulovány k příjmu potravy. Následkem

kontinuálního příjmu krmiva byl signifikantně vyšší růst, lepší využití krmiva a také menší tučnost ryb než u fotoperiod 3:3, 12:12 a 24:24.

Vliv fotoperiody na jednotlivé ukazatele úspěšnosti chovu ryb je druhově velmi specifický Boeuf a Le Bail (1999), což dokazuje i níže uvedená diskuze.

3. Materiál a Metodika

3.1 Vliv délky krmného dne (fotoperiody) na růst síha peledě

3.1.1 Získání a odchov experimentálního materiálu

Násadový materiál, váčkový plůdek síha peledě o velikosti 0,7 až 1,2 mm byl převezen na experimentální pracoviště Laboratoře řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb při Ústavu akvakultury v Českých Budějovicích v počtu přibližně 2000 kusů dne 29.3.2014. Dodavatelem byla akciová společnost KINSKÝ Žďár a.s. se sídlem ve Žďáru nad Sázavou.

Plůdek byl nasazen do 2 odchovných nádrží o jednotných rozměrech 23x35x97 cm napojených na recirkulační systém. Užitečný objem každé z těchto nádrží činil 300 l.

V prvních 20 dnech odchovu byla rybám předkládána živá potrava (*Artemia* sp.), následně byl v průběhu tří dnů proveden postupný co-feeding pomocí suchého startérového krmiva ProWean o velikosti částic 0,1 mm (BioMar). Protože firma BioMar se výrobou krmiva určeného pro raná stádia síha peledě nezabývá, bylo k následnému odchovu použito krmivo INICIO Plus G o velikosti částic 0,4 mm (BioMar), které je primárně určeno pro odchov raných stádií pstruha duhového.

3.1.2 Popis aparatury a systému pro odchov

Experiment byl realizován na experimentálním pracovišti Laboratoře řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb při Ústavu akvakultury v Českých Budějovicích, jehož recirkulační systém se skládal z 12 plastových nádrží o jednotném rozměru 23x35x97 cm, které byly instalovány v železném stojanu. Součástí recirkulačního systému byl mechanický bubnový filtr (K-10), biologický ponořený filtr (filtrační medium Bioakvacit a Ratz). Dále byl součástí systému průtokový chladič (Hailea 1000A) a kontrolní jednotka pro udržení zvolené teploty. Průtok vody byl v každé nádrži nastaven na 60 – 80 l za hodinu (teoretická výměna vody 1,2 – 1,5 x za hodinu). Nádrže byly vybaveny sedimentačním kuželem ve dně nádrže, který v podstatě plnil

úlohu předfiltrace. Světelný režim byl nastaven individuálně pro každou skupinu s intenzitou 350 – 400 luxů (na hladině).

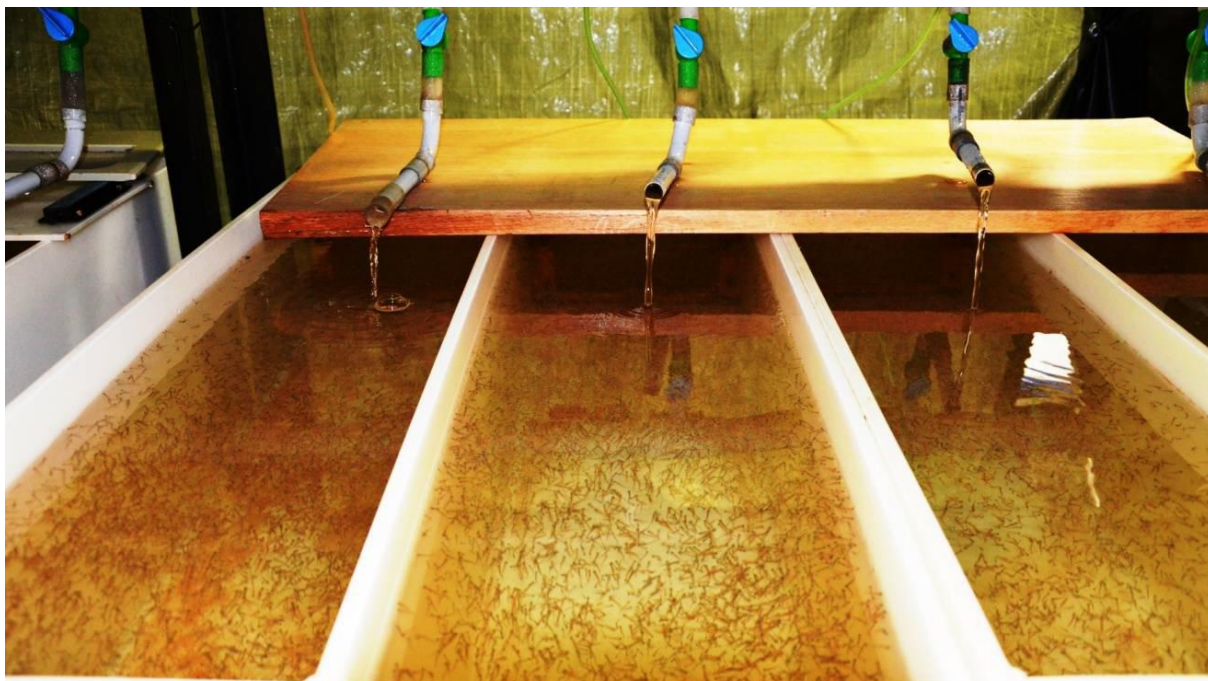


Obr. 4. Pohled na recirkulační systém

3.1.3 Vlastní popis experimentu

Dne 28.7.2014, po 124 dnech raného odchovu, byly ryby přeloveny, zváženy, změřeny a rozděleny do 4 experimentálních skupin podle fotoperiody (délky světelného dne), přičemž každá ze skupin byla nasazena do 3 nádrží se stejnou fotoperiodou. Experiment tedy probíhal v celkem 12 nádržích o užitém objemu 60 l. Do každé nádrže bylo nasazeno 120 kusů peledí v juvenilním stádiu o průměrné hmotnosti $1,82 \text{ g} \pm 0,48 \text{ g}$. Celkem bylo tedy v pokusu nasazeno 1440 ks ryb. Počáteční biomasa ryb v každé z nádrží na počátku experimentu činila v průměru $220 \pm 5 \text{ g}$. Pro testování efektu délky světelného dne byly zvoleny následující délky fotoperiody: 12k12, 16k8, 20k4 a

24k0 (poměr světlo k tmě). Délka světelného dne byla řízena automaticky prostřednictvím digitálních spínacích hodin (Trixie, Heimtierbedarf).



Obr. 5. Nasazený rozkrmený plůdek před začátkem experimentu



Obr. 6. Nasazené ryby na začátku pokusu již rozdělené do jednotlivých nádrží

Samotný experiment probíhal od 28. července do 29. září. Zahrnoval tedy dohromady 63 krmných dní, které byly rozděleny do tří 21 dní trvajících období, přičemž každé období bylo zakončeno kontrolním přelovením. Kontrolní přelovení byla provedena v termínech 19. srpna, 9 září a poté na samotném konci pokusu 29. září.

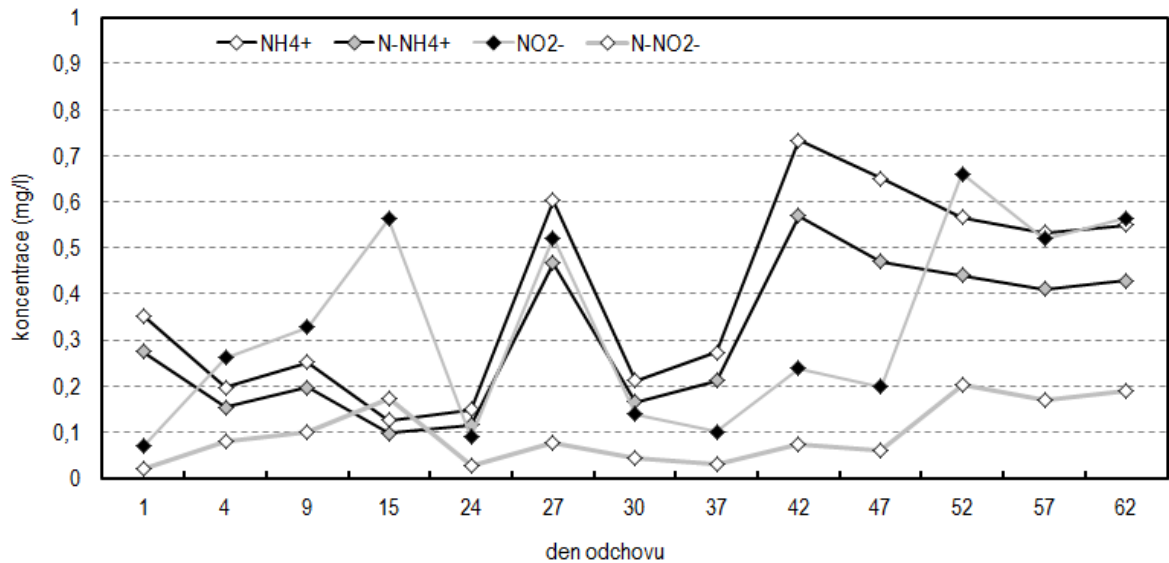
Během každého kontrolního přelovení bylo provedeno biometrického měření a fotografování zástupného vzorku 50 ryb z každé nádrže. Zjištění individuální hmotnosti, počtu ryb a celkové biomasy bylo provedeno *in situ*. Celková délka i standardní délka ryb byla zjišťována z fotografií pomocí analýzy obrazu provedené v programu MicroImage 4.0. Zjištěná data byla následně exportována do programů Microsoft Office Exel 2010 a Statistica 10.0, kde byla dále zpracovávána. Biometrickému měření a fotografování vždy předcházela šetrná anestezie, které bylo docíleno přidáním hřebíčkového oleje, tak, aby byl ve výsledné koncentraci 0,01 – 0,02 ml/l, což je pro síhy, jakožto velmi vnímavé druhy optimální koncentrace.

Celková výše denní krmné dávky byla v prvních 21 dnech pokusu stanovena na 3,5% biomasy obsádky, po zbylou dobu pokusu byla denní krmná dávka snížena na 3% biomasy obsádky. Korekce denní krmné dávky probíhala každých 7 dnů dle aktuální biomasy v nádrži. Po dobu trvání pokusu bylo rybám podáváno krmivo BioMar Inicio plus G o velikosti částic 0,8 mm. Krmení bylo realizováno ručně z plastových nádobek s předem naváženým krmivem. Krmení bylo váženo na laboratorní váze Kern (PCB 6000*1, rozlišení váživosti 0,01g).



Obr. 7. Vážení a příprava krmné dávky jednotlivě pro každou nádrž

Během celého trvání pokusu byly důsledně sledovány důležité parametry vody. Dvakrát denně (v 8:00 a v 15:00) byla pomocí multimetru HACH HQ 40d multi měřena teplota vody, koncentrace kyslíku a pH vody. Ve čtyřdenních intervalech byly spektrofotometricky (HACH DR 2800) pomocí kyvetových testů HACH LCK 304 A LCK 341 stanovovány koncentrace dusičnanů, dusitanů a amoniaku. Podle potřeby byla vykonávána elementární údržba nádrží zahrnující čištění stěn nádrží, odsávání exkrementů ryb a nespotebovaného krmiva, čištění sedimentačních konusů a podobně. Po celou dobu experimentu neklesalo nasycení vody kyslíkem pod hranici 75%, hodnota pH byla také konstantní, pohybovala se okolo neutrální úrovně - $6,9 \pm 0,3$. Teplota vody byla udržována na 19 °C.



Obr. 8. Průběh koncentrací amoniaku, amoniakálního dusíku, dusitanů a dusitanového dusíku v prostředí recirkulačního systému během pokusu

3.1.4 Produkční ukazatelé použité ke zhodnocení dat

Hmotnost ryby – vážena a udávána v gramech (g)

Celková délka těla (TL) – vyjadřuje vzdálenost mezi koncem rypce a nejdelším paprskem ocasní ploutve, je udávána v milimetrech (mm)

Standardní délka těla (SL) – vyjadřuje vzdálenost mezi koncem rypce a koncem ošupení na ocasním násadci, je udávána v milimetrech (mm)

Koeficient kondice (Fultonův koeficient) – vyjadřuje hmotnostní vyživenost ryb ve sledovaném časovém období

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

w hmotnost ryby (g)

DT celková délka těla (cm)

Specifická rychlost růstu (SGR) – vyjadřuje procentuální přírůstek živé hmotnosti ryb za den

$$SGR = [(lnW_t - lnW_o) \cdot t^{-1}] \cdot 100$$

W_t hmotnost obsádky na počátku pokusu (g)

W_o hmotnost obsádky na konci pokusu (g)

t čas (dny)

Koeficient konverze krmiva (FCR) – vyjadřuje hmotnost krmiva (kg) spotřebovaného na 1 kg přírůstku ryb

$$FCR = \frac{F}{W_t - W_o}$$

F spotřeba krmiva (kg)

W_t hmotnost obsádky na konci pokusu (g)

W_o hmotnost obsádky na konci pokusu (g)

Přežití ryb – vyjadřuje procentuální přežití ryb v době trvání pokusu

$$\left(\frac{\text{ryby nasazené} - \text{ryby uhynulé}}{\text{ryby nasazené}} \right) \cdot 100$$

3.1.5 Programy využitě pro měření, výpočty a grafy

- Microsoft Office Excel 2007 a 2010
- Statistica 10.0
- MicroImage 4.0

4. Výsledky

Pro potřeby tohoto pokusu byly testovány 4 skupiny lišící se délkou světelného dne, které byly nazvány takto:

12k12 – 12 hodin světlo, 12 hodin tma

16k8 – 16 hodin světlo, 8 hodin tma

20k4 – 20 hodin světlo, 4 hodiny tma

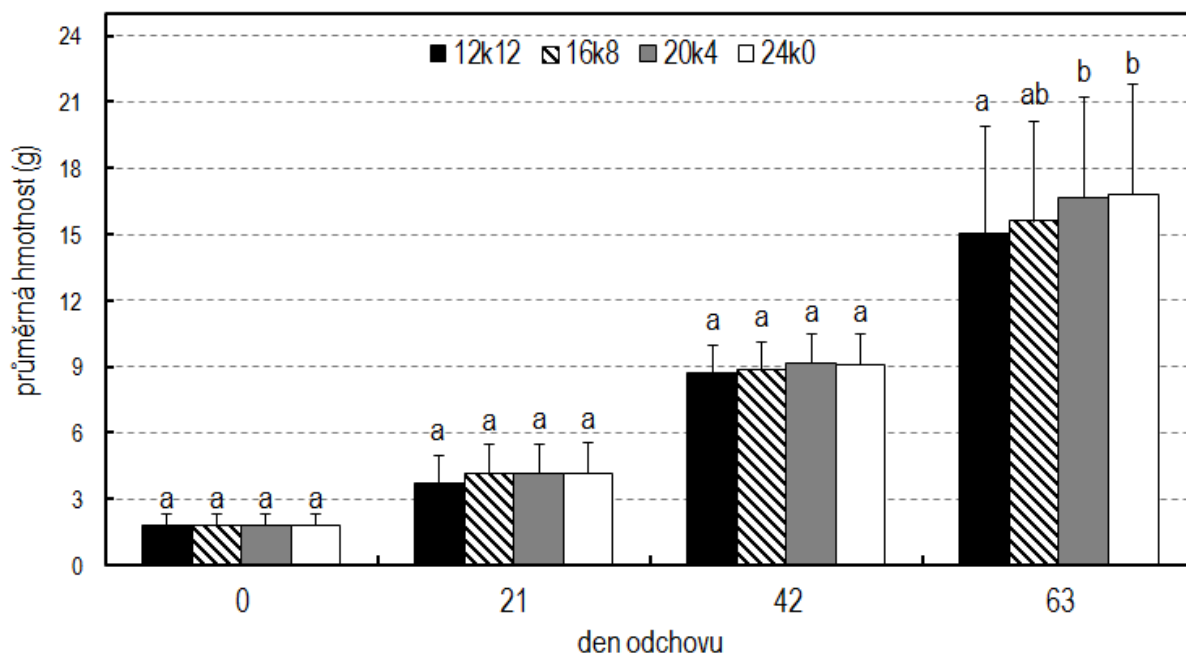
24k0 – 24 hodin světlo, 0 hodin tma

4.1 Průběh hmotnosti během experimentu

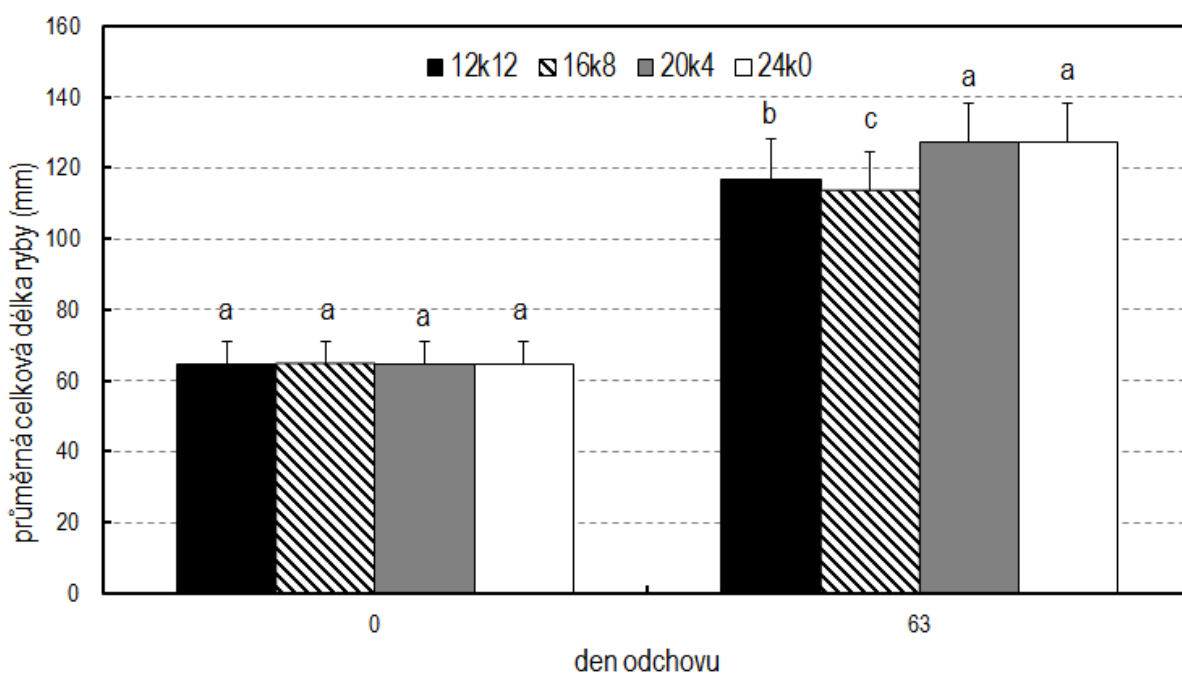
Na počátku pokusu činila průměrná hmotnost nasazovaných ryb $1,8 \pm 0,5$ g. Celkem byly v průběhu pokusu zaznamenávány hmotnosti u 600 jedinců. Ze získaných dat byly vypočítány průměrné hmotnosti a směrodatné odchylky pro jednotlivé testované varianty. V průběhu prvních 42 dnů experimentu byly rozdíly mezi jednotlivými skupinami minimální a statisticky nevýznamné. Při finálním přelovení již byly rozdíly statisticky signifikantní (Obr. 7). Průměrná hmotnost ryby po 63 dnech odchovu činila $15 \pm 4,9$ g ve variantě 12k12, $15,6 \pm 4,5$ g ve variantě 16k8, $16,7 \pm 4,5$ g ve variantě 20k4 a $16,8 \pm 5$ g ve variantě 24k0.

4.2 Konfrontace celkové délky těla na začátku a na konci experimentu

Na počátku pokusu činila průměrná celková délka ryby 65 ± 7 mm. Byly zaznamenány hmotnosti u celkem 600 jedinců. Ze získaných dat byly vypočítány průměrné celkové délky těla a směrodatné odchylky. Skupiny 20k4 a 24k0 vykazují stejné hodnoty a vůči zbylým dvěma skupinám jsou statisticky odlišné (Obr. 8). Průměrná celková délka těla ryby po 63 dnech odchovu činila $116,8 \pm 11,2$ mm ve variantě 12k12, $113,7 \pm 11$ mm ve variantě 16k8, $127,1 \pm 11$ mm ve variantě 20k4 a $127,2 \pm 11,2$ ve variantě 24k0.



Obr. 9. Vývoj průměrné hmotnosti během experimentu zaměřeného na délku světelného dne u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.



Obr. 10. Porovnání celkové délky dle délky světelného dne na juvenilních jedincích síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.

4.3 Konfrontace délky těla na začátku a na konci experimentu

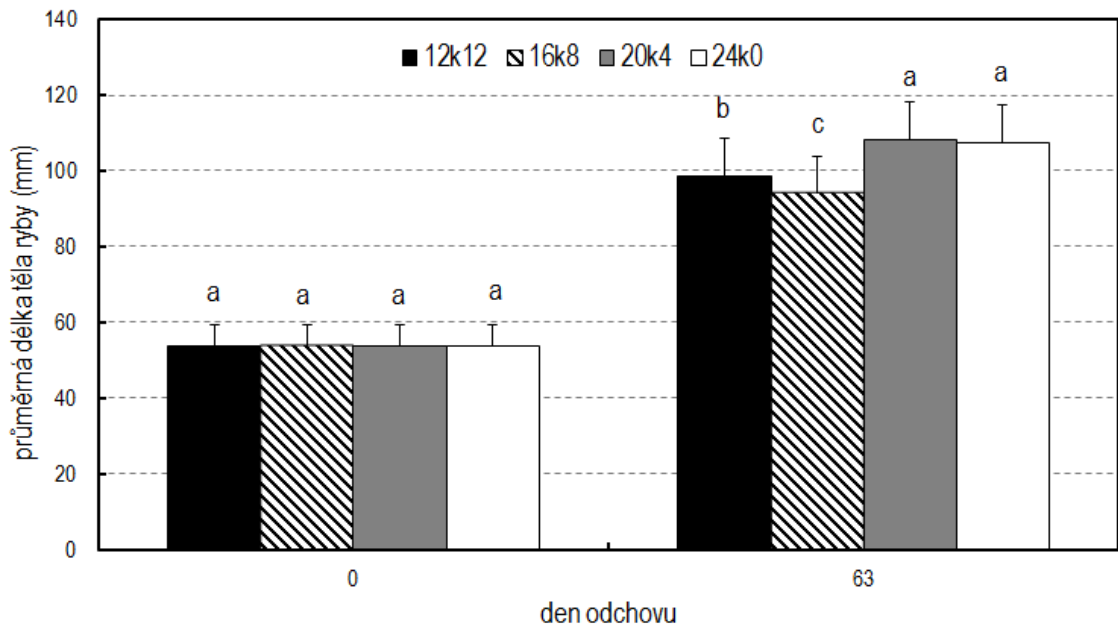
Na počátku pokusu činila průměrná celková délka ryby 54 ± 6 mm. Byly zaznamenány hmotnosti u celkem 600 jedinců. Ze získaných dat byly vypočítány průměrné délky těla a směrodatné odchylky. Průměrná délka těla ryby po 63 dnech odchovu činila $98,4 \pm 10,3$ mm ve variantě 12k12, $94,3 \pm 9,7$ mm ve variantě 16k8, $108,2 \pm 9,7$ mm ve variantě 20k4 a $107,2 \pm 10,2$ mm. Poměr standardních délek (délek těla) mezi jednotlivými skupinami přesně kopíruje výsledky týkající se celkových délek (Obr. 9).

4.4 Konfrontace koeficientu kondice na začátku a na konci experimentu

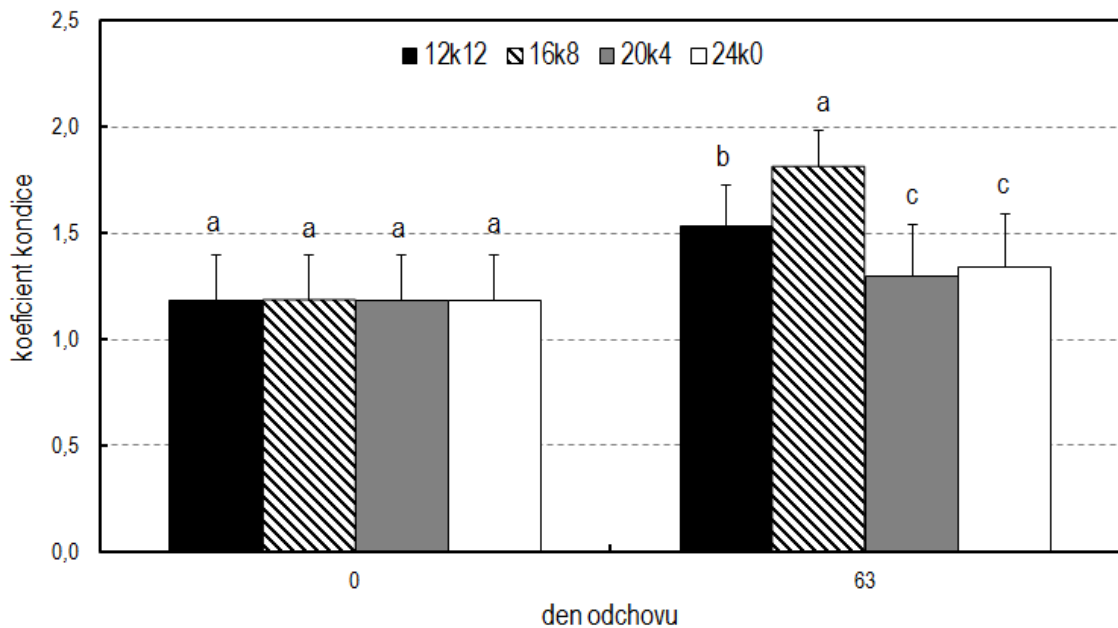
Fultonův koeficient (koeficient kondice) vyjadřuje hmotnostní vyživenost ryb ve sledovaném časovém úseku. Na začátku experimentu činil průměrný koeficient kondice nasazovaných ryb 1,18. Na konci experimentu se jeho hodnoty pohybovaly v rozmezí od 1,29 u skupiny 20k4 do 1,81 u skupiny 16k8 (Obr. 10). Nejlepší parametry koeficientu kondice byly zaznamenány ve skupině ryb při světelných podmínkách 16k8.

4.5 Přežití v průběhu experimentu

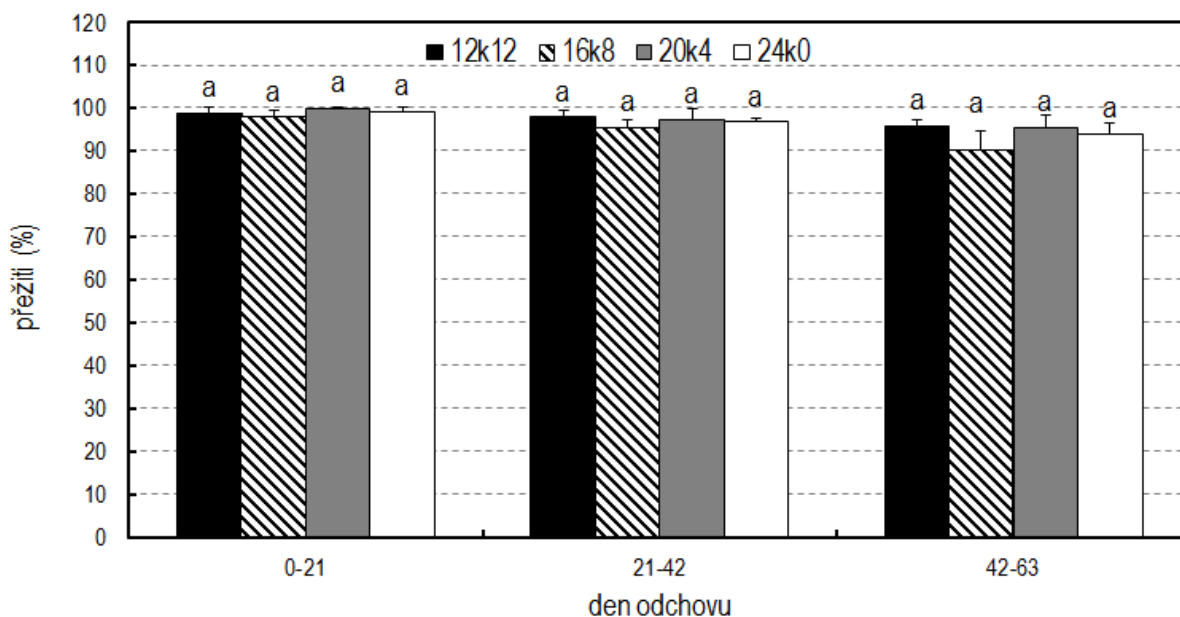
Během celého trvání pokusu byl sledován vliv délky světelného dne na mortalitu juvenilních síhů. Nejvyššího procenta přežití bylo dosaženo u skupiny 12k12, ve které v celém průběhu pokusu uhynulo 4,2 % ryb, naopak nejvyšší mortalita byla pozorována u skupiny 16k8, v té za 63 dní pokusu uhynulo 10 % ryb (Obr. 11). Rozdíly mezi testovanými skupinami nebyly statisticky významné. Díky tomuto faktu lze konstatovat, že délka světelného dne není zásadním faktorem z pohledu přežití juvenilních síhů.



Obr. 11. Porovnání délky těla v závislosti na fotoperiodě u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.



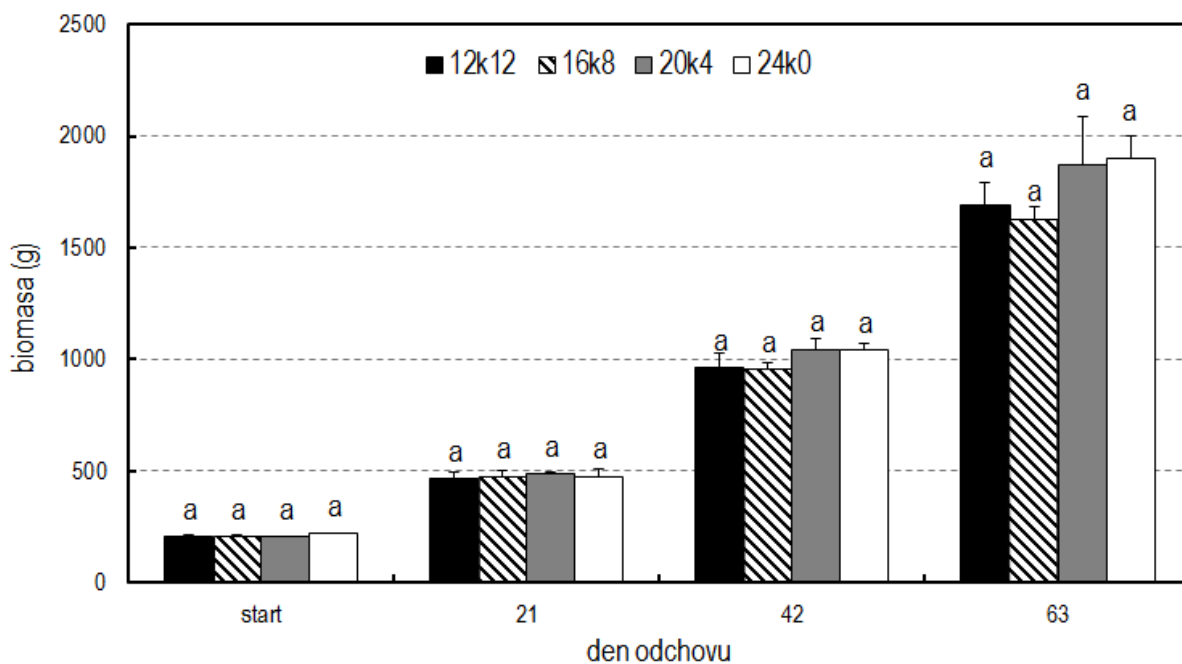
Obr. 12. Porovnání koeficientu kondice v závislosti na fotoperiodě u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší



Obr. 13. Vývoj přežití v závislosti na fotoperiodě během celého trvání pokusu na juvenilních jedincích síha peledě ($n = 3$). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.

4.6 Vývoj biomasy během experimentu

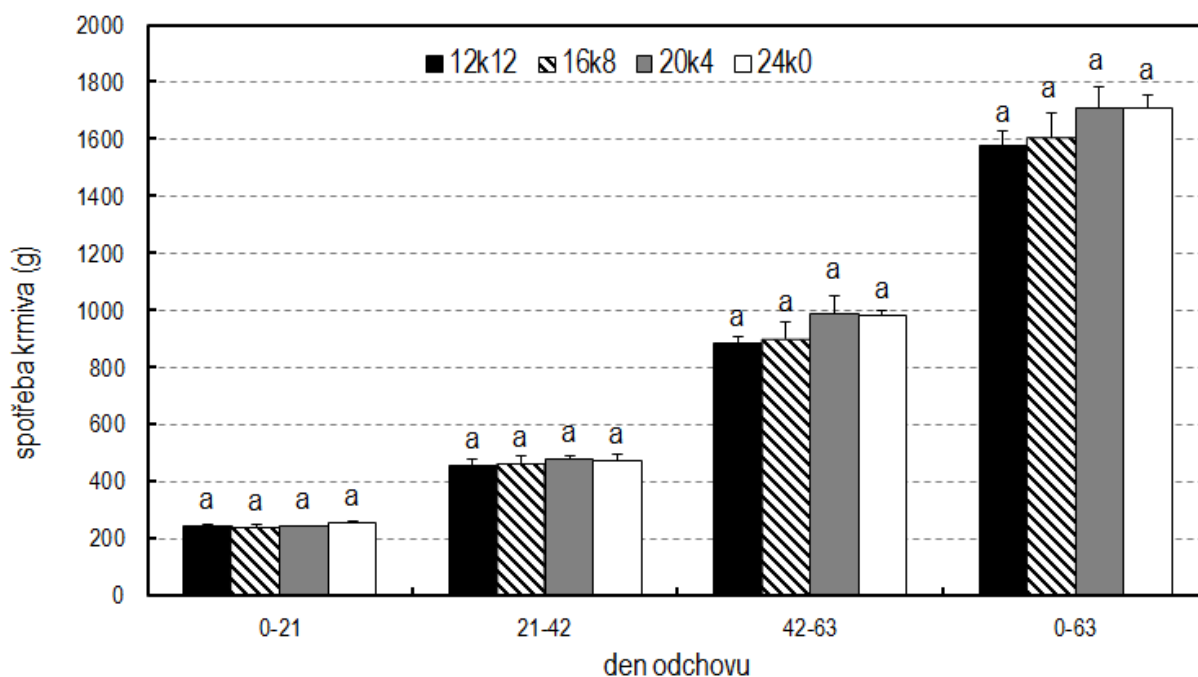
V prvních 21 dnech pokusu nebyly zaznamenány významné rozdíly mezi biomasami ryb v jednotlivých skupinách. Mírné, statisticky nevýznamné rozdíly se začaly projevovat až při druhém přelovení, které proběhlo 42 den pokusu. V tomto období se začal projevovat fakt, že ryby s delším světelným dnem ve skupinách 20k4 a 20k0 rostly rychleji než u zbývajících dvou skupin. Tento trend potvrdilo i poslední přelovení (Obr. 12). Dá se předpokládat, že v případě delšího trvání pokusu by byly rozdíly mezi jednotlivými skupinami tím patrnější, čím delší by bylo trvání pokusu. Delší světelný den má pozitivní vliv na biomasu.



Obr. 14. Vývoj biomasy v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích síha peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.

4.7 Množství spotřebovaného krmiva během experimentu

V prvních 21 dnech odchovu byla denní krmná dávka stanovena na 3,5 % biomasy obsádky. Po zbylou dobu pokusu byla denní krmná dávka snížena na 3 % biomasy obsádky, přičemž její korekce probíhala každý týden dle aktuální biomasy ryb. Minimální statisticky nevýznamný rozdíl ve spotřebě krmiva mezi jednotlivými skupinami se opět projevil až 42 den a stejný trend byl zaznamenán během posledního 3. přelovení 63. den pokusu. Nejvíce krmiva bylo spotřebováno rybami ve skupinách 20k4 a 24k0, nejméně naopak ve skupině 12k12 (Obr. 13).



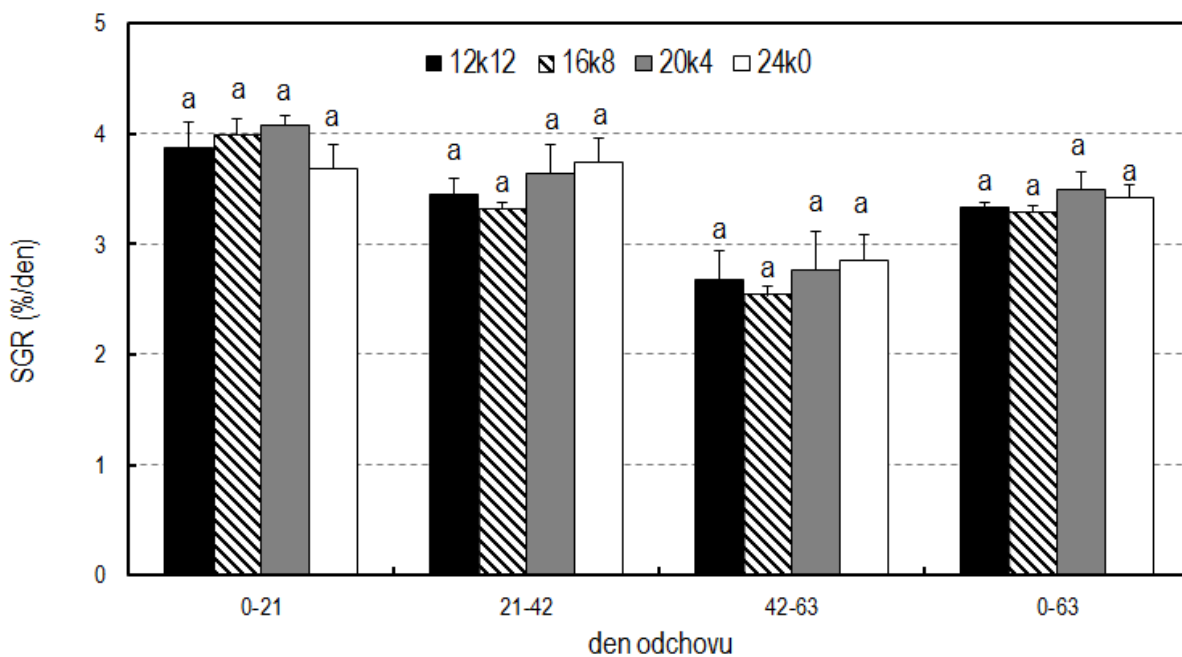
Obr. 15. Celkové množství krmiva aplikovaného do nádrží v jednotlivých etapách pokusu na juvenilních jedincích (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.

4.8 SGR – specifická rychlost růstu

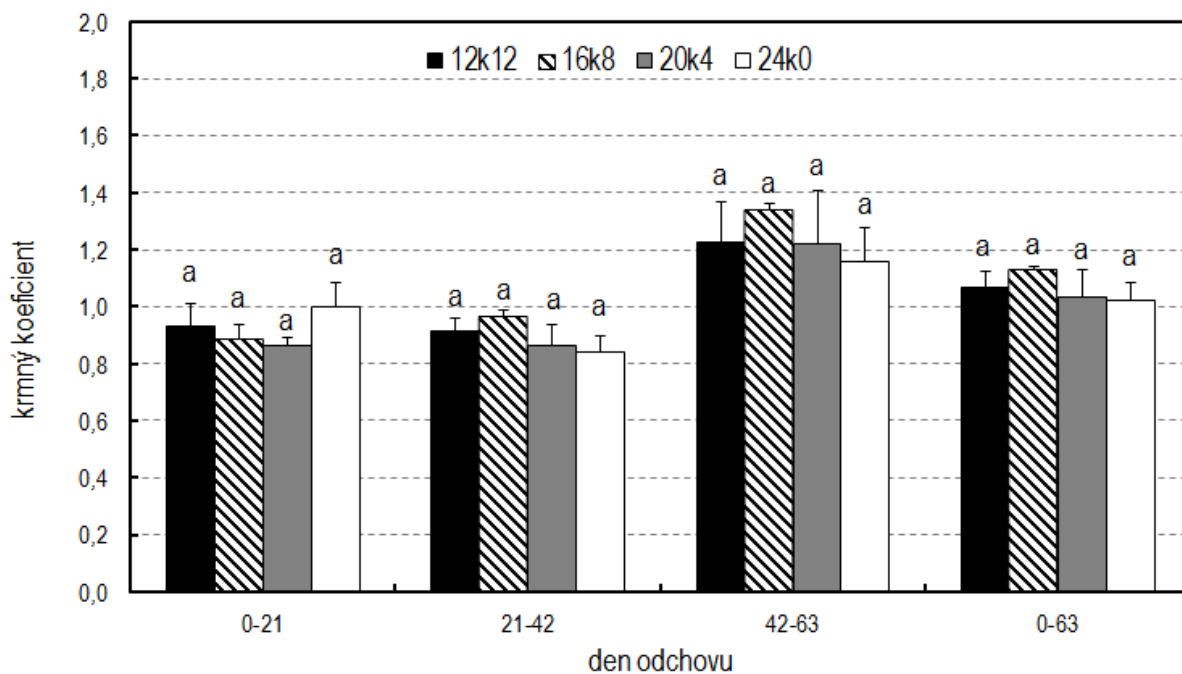
Nejvyšší hodnoty SGR byly zaznamenány v prvních dnech odchovu, v dalším průběhu už jen klesaly. Nejvyšší SGR po celou dobu trvání pokusu vykazala skupina 20k4, nicméně rozdíl oproti ostatním skupinám byl minimální (Obr. 14). Trend klesajících hodnot SGR v průběhu odchovu byl zaznamenán u všech skupin.

4.9 FCR – krmný koeficient

Rozdíly v konverzi krmiva mezi jednotlivými skupinami byly v průběhu experimentu minimální a během jednotlivých přelovení se statisticky nelišily (Obr. 15). Statisticky významné rozdíly nebyly zaznamenány ani při porovnání celkových krmných koeficientů za celou dobu odchovu. Byl zaznamenán trend zvyšování hodnoty FCR během odchovu.



Obr. 16. Vývoj specifické rychlosti růstu v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích síha peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.



Obr. 17. Vývoj krmného koeficientu v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.

5. Diskuze

Délka světelného dne je jedním z hlavních aspektů významných pro optimalizaci chovu v intenzivních podmínkách. Intenzivní chov síhovitých ryb v recirkulačních systémech je realizován relativně krátkou dobu, což je důvodem toho, že testování vlivu fotoperiody na příjem krmiva a růst nebyl u síha peledě dosud proveden, z toho důvodu je v diskuzi ve vztahu k produkčním ukazatelům použito často srovnání s jinými druhy ryb. Vzhledem k odlišným životním potřebám a nárokům těchto druhů ryb, které jsou představovány biotickými a abiotickými faktory jakými jsou např. teplota vody a její nasycení kyslíkem, pH vody, obsah plynů ve vodě, salinita, věk ryb, velikost populace, pohlaví obsádky, dostupnost potravy či obecně zootechnické aspekty chovu, které přímo či nepřímo ovlivňují růst, apetit, pohybovou aktivitu, metabolické procesy, pohlavní dospělost či pigmentaci těla je třeba brát v potaz fakt, že některá srovnání výsledků mohou být do jisté míry zavádějící. Boeuf a Le Bail (1999) uvádí, že vnímavost ryb konkrétně vůči délce světelného dne se mění v závislosti na druhu a vývojovém stádiu jedince a rovněž na světelném spektru a intenzitě. Některé práce poukazují na fakt, že delší světelný den má prokazatelně pozitivní vliv na zvýšení tempa růstu v larvální periodě, v juvenilní periodě je však jeho vliv neutrální (Kiyono a Hirano, 1981, Barlow a kol., 1995).

Liu a kol., (2015) prováděli experiment s juvenilními jedinci lenoka sibiřského (*Brachymystax lenok*). Ryby o průměrné hmotnosti 5,5 g byly rozděleny do 4 skupin, přičemž každá skupina byla podrobena jiné fotoperiodě (0:24, 6:18, 12:12 a 24:0), délka pokusu činila 35 dní při teplotě vody 10 °C. Z výsledků je zřejmé, že pro juvenilní jedince tohoto druhu má delší světelný den negativní dopad na přežití, neboť u skupiny 24:0 bylo zaznamenáno nejnižší přežití (79,7 %), zatímco nejvyššího přežití bylo dosaženo u fotoperiody 6:18 (95,3 %) a 0:24 (94,7 %). Tento výsledek je v kontrastu s výsledky dosaženými u juvenilních peledí, na které neměla délka fotoperiody statisticky prokazatelný vliv. U lenoka byla pozorována přímá závislost specifické rychlosti růstu na délce světelného dne. Nejlepšího SGR bylo dosaženo u skupiny 0:24 následované skupinou 6:18, nejnižší SGR vykázala skupina 24:0. Autoři tento výsledek vysvětlují vyšším výdejem energie na dýchání a vylučování u skupin s delší fotoperiodou. Ryby ve skupinách s převládající fází temna byly fyzicky podstatně méně aktivní a využily více energie pro růst. Tento trend se také neztotožňuje s výsledky získanými u síha peledě, kde nebyly výsledky z pohledu SGR statisticky odlišné, ovšem

mírně vyšší hodnoty SGR byly zaznamenány u skupin s delší fotoperiodou. Nejvyšší individuální hmotnost byla pozorována u skupiny 0:24 (11 g), nejnižší u skupiny 24:0 (10,1 g). V našem experimentu byly výsledky opačné, čím delší byla délka světelného dne, tím větší individuální hmotnosti ryby dosáhly. Výše popsaná studie je tedy ve všech publikovaných ohledech v ostrém kontrastu s námi provedeným pokusem, což je pravděpodobně zapříčiněno odlišnými nároky síha a lenoka z pohledu fotoperiody.

Turker a Yildirim (2011) se ve svém výzkumu zabývali vlivem fotoperiody na tempo růstu pstruha duhového (*Parasalmo mykiss*) v mořské vodě. Jedinci o průměrné individuální hmotnosti $27,4 \pm 0,16$ g byly rozděleny do 4 typů fotoperiod (13:11, 24:0, 18:6 a 6:18). Během 56 dní trvajícího experimentu se teplota vody pohybovala v rozmezí 13 – 18 °C. Hmotnost ryb na konci experimentu se přímo odvíjela od délky světelného dne. Nejvyšší hmotnost byla pozorována u skupiny s kontinuálním osvětlením a činila $110,6 \pm 1,45$ g následována 18:6 ($93,9 \pm 0,82$ g), 13:11 ($88,1 \pm 0,67$ g) a 6:18 ($69,8 \pm 1,04$ g). Stejně pořadí skupin bylo zaznamenáno i v SGR, $2,5 \pm 0,2$ %·den⁻¹ (24:0), $2,21 \pm 0,2$ %·den⁻¹ (18:6), $2,08 \pm 0,1$ %·den⁻¹ (13:11) a $1,66 \pm 0,1$ %·den⁻¹ (6:18). Autoři uvádí, že během celého trvání pokusu neuhynula v žádné ze skupin žádná ryba a celkové přežití je tak 100 %. Výsledky této studie odpovídají nám zjištěným faktům, delší světelný den pozitivně ovlivňuje celkový přírůstek i SGR a zároveň nemá fotoperioda zásadní vliv na přežití.

Turker (2009) ve svém výzkumu rovněž na pstruhu duhovém došel k obdobným závěrům, z testovaných fotoperiod 10:14, 20:4, 16:8 a 0:24, lze za nejvhodnější délku světelného dne označit skupiny 20:4 a 16:8, u kterých byla zjištěn nejvyšší příjem potravy a z něj plynoucí nejvyšší rychlost růstu.

SilvaGarcia (1996) se ve své studii zabýval vlivem fotoperiody na juvenilní mořany zlaté (*Sparus aurata*). Ryby o počáteční hmotnosti $24,8 \pm 2,5$ g byly rozděleny do 5 skupin s rozdílným osvitovým režimem (24:0, 16:8, 12:12, 8:16 a přirozená fotoperioda). Ryby byly krmeny dvakrát denně *ad libitum*. Na konci experimentu (po 220 dnech odchovu) byla zjištěna přímá závislost mezi specifickou rychlostí růstu a počtem světelných hodin. U skupin s delší dobou osvit (24:0 a 16:8) činil SGR $0,01$ %·den⁻¹ u skupiny 12:12 a přírodní fotoperiodou bylo SGR $0,009$ %·den⁻¹ a u skupiny 8:16 $0,008$ %·den⁻¹. Ve srovnání s přirozenou fotoperiodou byly na konci pokusu ryby ze skupin 24:0 a 16:8 o 26 % těžší, ryby ze skupiny 12:12 vykazali přibližně podobnou hmotnost a ryby ze skupiny 8:16 byly o 17 % lehčí v porovnání s rybami chovanými v podmínkách přirozené fotoperiody. Údaje o hmotnosti na konci experimentu tedy

korelují s námi zjištěným trendem růstu, kdy ryby vystaveny delší fotoperiodě rostly rychleji, byť rozdíly v hmotnosti nebyly tak signifikantní, jako v uvedené studii.

Biswas a kol. (2006) zkoumali efekt manipulace s fotoperiodou na růst juvenilního pražmana obecného (*Pagrus major*). Ryby o hmotnosti 1,4 g byly vystaveny fotoperiodám 6:6, 12:12, 16:8 a 24:0 s konstantní intenzitou světla 1500 lx na vodní hladině (při našem pokusu se intenzita osvětlení pohybovala v rozmezí 350 – 400 lx). Ryby byly krmeny ad libitum po celých 8 týdnů trvání experimentu. Nejvyšší hmotnostní přírůstek byl zaznamenán u skupiny 24:0, ve které konečná hmotnost činila $29,6 \pm 0,4$ g, následován 16:8 ($26,1 \pm 0,2$ g), 6:6 ($22,9 \pm 0,6$ g) a 12:12 ($22,5 \pm 1$ g). Identické pořadí bylo zaznamenáno i u hodnot SGR, 24:0 ($5,5 \pm 0,1 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$), 16:8 ($5,2 \pm 0,0 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$), 6:6 ($5,1 \pm 0,1 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$) a 12:12 ($5 \pm 0,1 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$). Signifikantní rozdíl byl pozorován ve spotřebě krmiva mezi jednotlivými skupinami. Nejvíce krmiva bylo spotřebováno skupinou s délkou světelného dne 24:0 (850 g), nejméně potom skupinou s fotoperiodou 12:12 (665 g). Přežití v žádné ze skupin nekleslo pod hranici 97 %. Tato studie svými výsledky odpovídá trendu, který byl pozorován v našem experimentu, kde rovněž nejvyšší konečné hmotnosti dosáhly skupiny s delší dobou osvětlení, které měli zároveň nejvyšší koeficienty SGR. Shodu výsledků obou pokusů potvrzuje i fakt, že délka světelného dne neměla ani u jednoho experimentu významný vliv na přežití.

Vliv fotoperiody na růst střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) popsali ve své studii Zhu a kol. (2014). Juvenilní jedinci střevličky o průměrné hmotnosti $1,12 \pm 0,06$ g byly vystaveny celkem sedmi typům fotoperiod - s dlouhou dobou osvětlení (16:8, 20:4, 24:0), 12:12 a s krátkou dobou osvětlení (0:24, 4:20, 8:16), o shodné intenzitě světla na hladině, jako v našem pokusu na peledích (400 lx). Krmení ryb probíhalo dvakrát denně v množství nezávislém na fotoperiodě. Byl zjišťován přírůstek hmotnosti, spotřeba krmiva, specifická rychlost růstu a přežití. Po uplynutí 60 dnů pokusu byl ve skupinách s dlouhou fotoperiodou zaznamenán signifikantně vyšší hmotnostní přírůstek, než ve skupinách s krátkou fotoperiodou. Individuální hmotnost ryby ve skupině 24:0 činila $2,21 \pm 0,16$ g, což odpovídá hmotnostnímu přírůstku $97 \pm 7,7 \text{ \%}$, u 20:4 $2,28 \pm 0,17$ g, přírůstek $103,2 \pm 7,55 \text{ \%}$ a u 16:8 $2,36 \pm 0,2$ g, přírůstek $110 \pm 7,13 \text{ \%}$. Ryby v těchto skupinách tak za 2 měsíce zdvojnásobily svou hmotnost. Ryby vystavené účinku krátké fotoperiody vykázaly pomalejší růst, konkrétně u 0:24 $1,66 \pm 0,14$ g, přírůstek $47 \pm 5,56 \text{ \%}$, u 4:20 $1,77 \pm 0,1$ g, přírůstek $58 \pm 4,64 \text{ \%}$ a u 8:16 $1,8 \pm 0,14$ g, přírůstek $61 \pm 4,14 \text{ \%}$. Koeficient SGR byl zjištěn v obdobném trendu, řazeno sestupně $1,24 \pm 0,06 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (16:8), $1,18 \pm 0,06 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (20:4), $1,13 \pm 0,07 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (24:0), $0,86 \pm 0,05 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$

(12:12), $0,79 \pm 0,04 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (8:16), $0,76 \pm 0,05 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (4:20) a $0,64 \pm 0,06 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (20:4). Kromě skupiny 0:24 (97 %) vykázali všechny skupiny 100 % přežití. Tato studie zcela jasně prokázala, že tento druh ryby prosperuje v podmínkách delšího světelného dne (ideálně při fotoperiodě 16:8), naopak ve tmě růstově strádá. Výsledky jsou tedy obdobné, jako u našeho experimentu, avšak oproti našemu výzkumu je tento podstatně průkaznější, neboť rozdíly jsou zde patrnější a transparentnější.

U jiné kaprovité ryby, kapra obecného (*Cyprinus carpio*) byl proveden obdobný výzkum. Výsledky jsou ovšem odlišné, neboť pro kapra je z hlediska optimálního růstu, konverze krmiva a přežití důležité především pravidelné střídání světelné a temnostní fáze. Fotoperiody 16:8, 12:12 a 18:6 jsou pro kapra vyhovující, zatímco kontinuální světlo či tma mají na jeho růst negativní vliv (Ghomi a kol, 2011).

Kontinuální světlo není vhodné ani pro juvenilní jedince druhu kambala černomořská (*Psetta maotica*), neboť působí na tento druh dráždivě, vyvolává stres a snižuje příjem potravy, čímž zpomaluje růst. I pro tento druh se jako ideální jeví perioda 16:8 (Turker, 2005).

Simensen a kol. (2000) se ve svém výzkumu zabývali růstovými schopnostmi platýsa obecného (*Hippoglossus hippoglossus*) v závislosti na délce světelného dne. Jedinci o počáteční hmotnosti $31,1 \pm 5,8 \text{ g}$ byli rozděleni do 4 fotoperiod (24:0, přirozená fotoperioda, 8:16 a fotoperioda 8:16, která se po 85 dnech odchovu změnila na 24:0) a chováni po dobu 40 dnů při konstantní teplotě $11 \text{ }^\circ\text{C}$. SGR u skupiny s kontinuálním osvětlením dosáhl hodnoty $1,05 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$, u přirozené fotoperiody $0,98 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$, u 8:16 $0,8 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. U skupiny, ve které v průběhu pokusu došlo ke změně fotoperiody, byl zaznamenán SGR 0,94 %, což je zapříčiněno především zvýšenou mírou růstu ryb poté, co byly vystaveny nepřetržitému osvětlení. Nejvyšší mortalita byla pozorována u skupiny s přirozenou fotoperiodou a u skupiny se změnou periody, činila 17,4 % a 17,1 % v uvedeném pořadí. U zbývajících 2 skupin nepřesáhla mortalita 7 %. Manipulace s délkou světelného dne během pokusu, by mohla být potenciálně velmi zajímavá i pro pokus s peleděmi. Ač hodnoty SGR ani přežití nebyly statisticky odlišné, nutnost adaptace na nově nastolené podmínky by mohla diferencovat jednotlivé skupiny. Dá se očekávat, že právě vlivem nutné adaptace novým podmínkám by se koeficient SGR zvýšil, zatímco míra přežití by se snížila.

6. Závěr

Z výsledků experimentu vyplývá, že pro juvenilní jedince síha peledě (2 – 16 g) lze za optimální délku světelného dne označit delší fotoperiody (20k4 a 24k0), neboť ryby vystavené delším fotoperiodám vykazovaly lepší hodnoty z pohledu hmotnosti, délky těla i celkové délky těla. Delší fotoperioda se rovněž pozitivně projevila mírným zlepšením hodnot krmného koeficientu. Nejvyššího koeficientu kondice bylo dosaženo u skupiny 16k8 naopak nejnižší byl pozorován u skupin 20k4 a 24k0. Délka světelného dne neměla po celé období trvání pokusu statisticky prokazatelný vliv na přežití juvenilních ryb. Z výsledků pokusu je zřejmé, že pro chov juvenilních peledí dané hmotnostní kategorie není fotoperioda zásadním faktorem, neboť přestože je pozitivní vliv delších fotoperiod zřejmý, rozdíly nejsou významné.

Výsledky této bakalářské práce by mohly pomoci optimalizovat chov síhovitých ryb v recirkulačních systémech, což by se mohlo pozitivně projevit na produkci těchto druhů ryb, vzhledem k současnému trendu přesouvání výroby do intenzivních chovů. Síhové, jakožto ryby s velmi chutným masem, by tak mohli rozšířit současný sortiment nabízených druhů ryb.

7. Seznam použité literatury

- Anderson, N. A., Laursen, J. S., Lykkeboe, G., 1985. Seasonal variations in hematocrit, red cell, hemoglobin, and nucleoside triphosphate concentrations in the European eel (*Anguilla anguilla*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 81A, 87-92.
- Barlow, C. G., Pearce, M. G., Rodgers, L. J., Clayton, P. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival, and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi, (*Lates calcalifer* Bloch). *Aquaculture* 138, 159-168.
- Baruš, V., Oliva, O., 1995. Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichtyes (1). Academia, Praha, s. 518–523.
- Biswas, A. K., Morita, T., Yoshizaki, G., Maita, M., Takeuchi, K., 2005. Control of reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243, 229-239.
- Biswas, A. K., Seoka, M., Tanaka, Y., Takii, K., Kumai, H., 2006. Effect of photoperiod manipulation on the growth performance and stress response of juvenile red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture* 258, 350-356.
- Boeuf, G., Le Bail, P. Y., 1999: Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177, 129–152.
- Bromage, N., Porter, M., Randall, C., 2001. The enviromental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197. 63 -98.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. Informatorium, Praha, s. 116-118.
- Doubek, J., Bouda, J., Doubek, M., Furl, M., Konotková, Z., Pejšírová, S., Pravda, D., Scheer, P., Svobodová, Z., Vodička, R., 2003. Veterinární hematologie. Noviko, a.s., Brno, 464 s
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. Obecné rybářství. Informatorium, Praha, s. 159-161
- Dulmaa, A., 2012. New data on the fish *Coregonus peled* (Gmelin, 1788) in some water bodies of Mongolia. *Erforschung Biologischer Ressourcen der Mongolei*, 231-243.
- Dungel, J., Řehák, Z., 2005. Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia, Praha, s. 172.

- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen-Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2013. Genetika a šlechtění ryb. FROV JU, Vodňany, s 306 .
- Ghomi, M. R., Zarei, M., Sohrabnejhad, M., 2011. Effect of photoperiod on growth and feed conversation of juvenile wild carp, *Cyprinus carpio*. Acta Biologica Hungarica, 215-218
- Gines, R., Alfonso, J. M., Arguello, A., Zamorano, M. J., Lopez, J. L., 2003. Growth in adult gilthead sea bream (*Sparus Aurata*) as a result of interference in sexual maturation by different photoperiod regimes. Aquaculture Research 34, 73 – 83.
- Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky rozšíření a ochrana. Český svaz ochránců přírody Vlašim, Vlašim, s. 320-321.
- Hartman, P., Regenda, J., 2014. Praktika v rybníkářství. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, s. 375.
- Harvey, J. W., 2001. Atlas of veterinary hematology. Blood and bone marrow of domestic animals. W. B. Saunders , Philadelphia, 326.
- Hochman, L., 1987. Chov síhů. Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vojanech, č. 1, s. 16.
- Holčík, J., 1998. Ichtiologia. Příroda, Bratislava, s 315.
- Jobling M., Arnesen A. M., Befey T., Carter C., Hardy R., LeFrancois N., Keefe R., Koskela J. Lamarre S., 2010. The Salmonids (Famili Salmonidae) Finfish Aquaculture Diversification, 234-288.
- Kiyono, M., Hirano, R., 1981. Effects of light on the feeding and growth of black porgy, *Mylio macrocephalus*, postlarvae and juveniles. Rapports et proces-verbaux des réunions . Conseil International Pour l'Exploration de la Mer, 178, 334-336.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. VÚRH JU Vodňany, Vodňany, s. 19-21.
- Liu, Y., Li, X., Xu, G. F., Bai, S. Y., Zhang, Y. Q., Gu, W., Mou, Z. B., 2015. Effect of photoperiod manipulation on the growth performance of juvenile lenok, *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773). Journal of Applied Ichthyology, 120-124.

- Longalong, F. M., Eknath, A. E., Bentsen, H. B., 1999. Response to bi-directional selection for frequency of early maturing females in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 178, 13-25.
- Lundqist, H., 1980. Influence of photoperiod on growth in baltic salmon parr (*Salmo salar*) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. *Canadian Journal of Zoology*. 940 – 944.
- Lusk, S., Baruš, V., Vostradovský, J., 1992. *Ryby v našich vodách*. 2. Vydání. Nakladatelství ČSAV Academia, Praha, 248 s.
- Malbrouck, C., Mergen, P., Micha, J. C., 2006. Growth and diet of introduced coregonid fish *Coregonus peled* (Gmelin) and *Coregonus lavaretus* (L.) in two Belgian reservoir lakes. *Applied Ecology and Environmental Research*, 27-44.
- Mareš, J., Burleová J., 1983. *Rybářská technologie II*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství v Praze, s. 256.
- Matoušek, J., Prokešová, M., Drozd, B., Kouřil, J., Stejskal, V., 2014. The effect of different water temperatures on survival and growth of northern whitefish (*Coregonus peled* Gmelin, 1780) juveniles in intensive aquaculture, 11-13.
- Merten, M., 2012. *Zpracování ryb*. Informatorium, Praha, s. 294.
- Mickiewicz M., Wolos A., 1999. Characteristics of lake stocking done by users in 1998, *Inland Fisheries*, 4th Conference of fishery lake users in Dadaj, IRS Olsztyn: 23-32.
- Migaud, H., Davie, A., Taylor, J. F., 2010. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *Journal of Fish Biology* 76, 27–68.
- Migaud, H., Fontaine, P., Kestemont, P., Wang, N., Brun-Bellut, J., 2004. Influence of photoperiod on the onset of gonadogenesis in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 241, 561-574.
- Noori, A., Amiri, B. M., Mirvaghefi, A., Rafiee, G., Neitali, B. K., 2015. Enhanced growth and retarded gonadal development of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following a long-day photoperiod. *Aquaculture Research*. 2398 – 2406.
- Oliva, O., 1965. Contribution to the topographical anatomy of eye-muscles in chondrosteian fishes. *Věstník Československé společnosti zoologické* 24, 118-126.

- Pravda, P., Poláčková, J., 1988. Vybrané hematologicko-biochemické parametry pstruha duhového (*Salmo gairdneri*) v průmyslových chovech ryb. Sborník konference Chov lososovitých ryb. Mariánské lázně, s. 264-267.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V., 1998. Pstruhařství. Informatorium, Praha, s. 26-27.
- Powers, D. A., 1980. Molecular ecology of teleost fish hemoglobins: strategies for adapting to changing environments. *American Zoology*, 139-162.
- Rešetnikov, J. S., 1980. Ekologia i sistematika sigovych ryb. Izd. Nauka, Moskva, s. 301.
- Salonen, E., Mutenia, A., 2007. Alien fish species in northernmost Finland. *Riista ja kalatalous tutkimuksia*, 1-16.
- Szczerbowski, J. A., 1995. Inland fisheries in Poland IRS Olsztyn, 569.
- SilvaGarcia, A. J., 1996. Growth of juvenile gilthead seabream (*Sparatus aurata* L.) reared under different photoperiod regimes. *Israeli Journal of aquaculture-Bamidgeh*, 84-93.
- Simensen, L. M., Johanssen, T. M., Imsland, A. K., Stefansson, S. O., 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 190, 119-128.
- Stejskal, V., Matoušek, J., Šebesta, R., Novikava, K., Prokešová, M., Mareš, J., 2015. Postupy pro efektivní odchov larev síha peledě (*Coregonus peled*) v intenzivních podmínkách. Mendelova univerzita v Brně, 22 s.
- Sumpter, J. P., 1990. General concepts of seasonal reproduction. In *Reproductive Seasonality in Teleosts*. Boca Raton, FL: CRC Press, 13-31.
- Svobodová, Z., Pravda, P., Poláčková, J., 1986. Jednotné metody hematologického vyšetřování ryb. *Edice metodik, VÚRH, Vodňany*, č. 20, 31 s.
- Turker, A., 2009. Effect of photoperiod on growth of trout (*Oncorhynchus mykiss*) in cold ambient sea water. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 61, 57-62.
- Turker, A., Yildirim, O., 2011. Interrelationship of photoperiod with growth performance and feeding of seawater farmed rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 393-397.
- Turker, A., 2005. Effect of photoperiod on growth and feed utilization of juvenile Black Sea turbot (*Psetta maeotica*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 57, 156-163.

Valenzuela, A. E., Silva, V. M., Klempau, A. E., 2007). Some changes in the haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to three artificial photoperiod regimes. *Fish Physiology and Biochemistry* 33, 35-48.

Valenzuela, A. E., Silva, V. M., Klempau, A. E., 2008. Effects of different artificial photoperiods and temperatures on haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry* 34, 159-167.

Zhu, D. M., Yang, K., Gul, Y., Song, W., Zhang, X. H., Wang, W. M., 2014. Effect of photoperiod on growth and gonadal development of juvenile topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*. *Environmental Biology of Fishes*, 147-156.

Žukov, P. I., 1965. Ryby Belorussii. Izd. Nauka i tehnika, Minsk, s. 415.

Webové stránky

Aller-aqua A/S, 2016. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://www.aller-aqua.com/about-aller-aqua>

Biomar Group, 2014. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://www.biomar.com/en/Corporate/BioMar-History/>

Coopens International, 2016. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://www.coppens.com/en/coppens>

Český rybářský svaz, © 2003-2016. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://www.rybsvaz.cz/>

Mze, © 2009-2015. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
http://eagri.cz/public/web/file/342863/VICELETY_STRATEGICKY_PLAN_PRO_AKVAKULTURU_20141027.pdf

Rybářství Martínkův mlýn, © 2011-2013. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
http://rybarstvimartinkuvmlyn.cz/?cz_produkty,10

Středisko rybářství, © 2011, [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://velkostatek.webnode.cz/cenik/>

Kaviár ze síha, z Německa, zmraz., 200 g [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z
<http://www.toppotraviny.cz/ruzne-druhy/felchen-kaviar-aus-deutschland-tk-200-g>

Integrated Taxonomic Information System, 2016. [online] [cit. 2016-04-04]. Dostupné z <http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>

8. Seznam obrázků

Obr. 1. Pohlavní dimorfismus síha peledě v období tření, nahoře mlíčák, dole jikernačka.....	12
Obr. 2. Celková produkce síhů v ČR v letech 2000 až 2010.....	13
Obr. 3. Přehled úlovků síhů na revírech Českého rybářského svazu v letech 1991 až 2015.....	14
Obr. 4. Pohled na recirkulační systém.....	24
Obr. 5. Nasazený rozkrmený plůdek před začátkem experimentu.....	25
Obr. 6. Nasazené ryby na začátku pokusu již rozdělené do jednotlivých nádrží.....	25
Obr. 7. Vážení a příprava krmné dávky jednotlivě pro každou nádrž.....	27
Obr. 8. Průběh koncentrací amoniaku, amoniakálního dusíku, dusitanů a dusitanového dusíku v prostředí recirkulačního systému během pokusu.....	28
Obr. 9. Vývoj průměrné hmotnosti během experimentu zaměřeného na délku světelného dne u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....	31
Obr. 10. Porovnání celkové délky dle délky světelného dne na juvenilních jedincích síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....	31
Obr. 11. Porovnání délky těla v závislosti na fotoperiodě u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....	33
Obr. 12. Porovnání koeficientu kondice v závislosti na fotoperiodě u juvenilních jedinců síha peledě (n = 150). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....	33
Obr. 13. Vývoj přežití v závislosti na fotoperiodě během celého trvání pokusu na juvenilních jedincích síha peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....	34

Obr. 14. Vývoj biomasy v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích síha peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....35

Obr. 15. Celkové množství krmiva aplikovaného do nádrží v jednotlivých etapách pokusu na juvenilních jedincích (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....36

Obr. 16. Vývoj specifické rychlosti růstu v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích síha peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....37

Obr. 17. Vývoj krmného koeficientu v závislosti na fotoperiodě během pokusu na juvenilních jedincích peledě (n = 3). Data jsou interpretována jako průměr prostřednictvím sloupců a směrodatná odchylka je vyjádřena chybovou úsečkou. Sloupce s odlišnými indexy se statisticky liší.....37

9. Abstrakt

Byl testován vliv délky světelného dne na a růst juvenilních jedinců síha peledě (*Coregonus peled*) v intenzivním chovu. Ryby o průměrné hmotnosti $1,82 \pm 0,48$ g a průměrné celkové délce těla 65 ± 7 mm byly rozděleny do 4 skupin podle fotoperiody (poměr světlo k tmě 12k12, 16k8, 20k4 a 24k0). Celková délka experimentu byla 63 dní. Každých 21 dní bylo prováděno kontrolní přelovení. Individuální průměrná hmotnost na konci pokusu dosáhla $15 \pm 4,9$ g (12k12), $15,6 \pm 4,5$ g (16k8), $16,7 \pm 4,5$ g (20k4) a $16,8 \pm 5$ g (24k0). Nejvyšší celková délka těla byla shodně zaznamenána u skupin 20k4 a 24k0 (127 ± 11 mm) a nejnižší u skupiny 16k8 (114 ± 11 mm). Nejvyšší koeficient kondice byl zaznamenán u skupiny 16k8, nejnižší u skupiny 20k4. Specifická rychlost růstu za dobu pokusu činila $3,33 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (12k12), $3,28 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (16k8), $3,49 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (20k4) a $3,43 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ (24k0). Nejvyššího konečného přežití ($95,8 \pm 1,4 \text{ \%}$) během celého období experimentu dosáhla skupina 12k12. Naopak nejnižší přežití $90,0 \pm 4,6 \text{ \%}$ vykazala skupina 16k8. Rozdíly v přežití ryb však nebyly signifikantní.

Klíčová slova: síhovití, fotoperioda, intenzivní akvakultura, recirkulační systém, přežití

10. Abstract

The effect of the length of the daylight on growth of in peled (*Coregonus peled*) juveniles was tested in the intensive culture. Fish of mean body weight 1.82 ± 0.48 g and total length of 65 ± 7 mm were divided into four groups (the ratio of light and darkness 12k12, 16k8, 20k4, 24k0). The experiment lasted for sixty-three days. Every twenty-one days fishes were sampled for biometric measurements. Fish reached mean body weight of 15 ± 4.9 g (12k12); 15.6 ± 4.5 g (16k8); 16.7 ± 4.5 g (20k4); 16.8 ± 5 g (24k0) in experimental groups. The longest total body length was detected in both 20k4 and 24k0 groups (127 ± 11 mm). The lowest one was registered in the 16k8 (114 ± 11 mm). The highest condition coefficient had group 16k8 and lowest was found out in group 20k4. Specific growth rate during the course of the experiment was $3.33 \text{ \%}\cdot\text{day}^{-1}$ (12k12); $3.28 \text{ \%}\cdot\text{day}^{-1}$ (16k8); $3.49 \text{ \%}\cdot\text{day}^{-1}$ (20k4) and $3.43 \text{ \%}\cdot\text{day}^{-1}$ (24k0). The highest final survival ($95.8 \pm 1.4 \text{ \%}$) was achieved in group 12k12. On the contrary, group 16k8 showed lowest survival of $90.0 \pm 4.6 \text{ \%}$. There were no significant differences in final survival rate.

Keywords: whitefish, photoperiod, intensive aquaculture, recirculation system, survival