

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Fakulta rybářství a ochrany vod**

Ústav akvakultury a ochrany vod

Laboratoř řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb

**Diplomová práce**

Vliv teplotních a hyperoxických podmínek na růst, příjem krmiva a fyziologii hybrida sivena arktického (*Salvelinus alpinus* Linnaeus, 1758) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1815)

**Autor:** Bc. Jakub Čejka

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.

**Konzultant diplomové práce:** MSc. Katsiaryna Lundová

**Studijní program a obor:** Zemědělská specializace, Rybářství a ochrana vod

**Forma studia:** kombinovaná

**Ročník:** 2.

**České Budějovice, 2018**

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma „Vliv teplotních a hyperoxických podmínek na růst, příjem krmiva a fyziologii hybrida sivena arktického (*Salvelinus alpinus* Linnaeus, 1758) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1815)“ 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:

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Vlastimilovi Stejskalovi, Ph.D. a konzultantce diplomové práce MSc. Katsiaryně Lundové za metodické vedení, poskytnutou odbornou pomoc, rady a připomínky při řešení dílčích experimentů a vypracování této diplomové práce. Dále děkuji všem vědeckým pracovníkům a studentům, kteří se podíleli na realizaci experimentů.

Dále na tomto místě děkuji svým rodičům za pomoc a podporu v mých dosavadních studiích a v dalších aktivitách.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub ČEJKA**

Osobní číslo: **V16N000K**

Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**

Studijní obor: **Rybářství a ochrana vod**

Název tématu: **Vliv teplotních a hyperoxických podmínek na růst, příjem krmiva a fyziologii hybrida sivena arktického (*Salvelinus alpinus* L.) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis* Mitchill)**

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 :

Doposud byl chov tržních lososovitých ryb v České republice zaměřen především na produkci pstruha duhového (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). S rapidním rozvojem akvakultury dochází k rovněž k intenzivnímu výzkumu, který přispěl k rozšíření vědomostí o specifikách a výhodách chovu hybridů mezi sivenem arktickým (*Salvelinus alpinus* L.) a sivenem americkým. Chov výsledného křížence, sivena alsaského, v současné době zaznamenává v Kanadě, Německu a na Islandu značný nárůst tržní produkce. Nicméně v plně kontrolovaných podmínkách recirkulačních akvakulturních systémů je technologie chovu teprve v počátcích, a proto je nutné některé faktory ovlivňující produkci teprve otestovat.

Cílem práce bude testovat vliv různých režimů nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva, růst, produkční ukazatele, hematologické ukazatele a somatické indexy u zmíněného hybridu. Různé režimy saturace vody kyslíkem budou dosaženy mícháním kapalného kyslíku ve směšovací předřazených odchovných nádržích. Experimentální skupiny (každá 3 x replikována) budou chovány v prostředí obohaceném kyslíkem na úroveň 120-130% nasycení. Režimy budou zahrnovat aplikaci hyperoxických podmínek trvale (1), pouze v průběhu světlé části dne (2), střídání hyperoxie s normoxií (3). Kontrolní skupina bude chována trvale v normoxických podmínkách (85 -95% nasycení).

Druhým cílem práce bude testování vlivu teploty vody na příjem krmiva, růst, produkční ukazatele, hematologické ukazatele a somatické indexy u sivena alsaského. Předběžná škála testovaných teplot zahrnuje 7, 10, 13, 16 a 19°C. Každá teplota bude 4 x replikována. Proběhne i kvantifikace množství spotřebovaného kyslíku a vznikajících metabolitů při intenzivním chovu v recirkulačním systému včetně vyhodnocení denních změn v závislosti na teplotě vody a velikosti ryb. Parametry spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku vztažené k obsádce jsou důležité informace pro plánování celkové produkční kapacity odchovného systému, dimenzí biofiltrů a kyslíkového hospodářství.

Vlastní experimenty budou probíhat v prostředí experimentálních recirkulačních systémů (odchovné nádrže, mechanický filtr, biologický filtr).

Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů v růstu a dalších parametrech při chovu sivena alsaského v různých teplotních a kyslíkových podmínkách. Vlastní experimentální částí bude předcházet zpracování literární rešerše k danému tématu.

## Příloha zadání diplomové práce

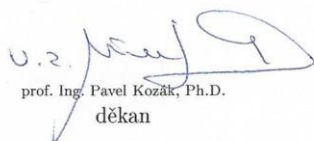
### Seznam odborné literatury:

- Bergheim, A., Seymour, E.A., Sanni, S., Tyvold, T., Filvestad, S., 1991. Measurements of oxygen consumption and ammonia excretion of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial-scale single pass freshwater and seawater land-based culture system. *Aquacultural Engineering* 10, 251-267.
- Brännäs E (2004) Breeding programmes of salmonid fish with Arctic charr as a case study: SLU. Sweden, 2004, 8 s.
- 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 oxygen supersaturated water. *Aquaculture* 90, 251-259.
- Edsall, D.A., Smith, C.E., 1991. Effects of oxygen supersaturation on rainbow trout fed with demand feeders. *Progressive Fish-Culturists* 53, 95-97.
- Filvestad, S., Thomassen, J.M., Smith, M., Kjartansson, H., Sandø, A.B., 1991. Metabolite excretion rates from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) reared in single pass land-based brackishwater and seawater culture system. *Aquacultural Engineering* 9, 1-21.
- 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.
- Jobling M, Jørgensen EH, Arnesen AM, Ringø E (1993) Feeding, growth and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* 1, 20-46.
- Jobling M, Tveiten H, Halten B (1998) Cultivation of Arctic charr: an update. *Aquaculture International* 6, 181-196.
- Johnston G (2002) Arctic Charr Aquaculture, Blackwell Publishing, Oxford. 265 p.
- Stejskal, V., Kouril, J., Valentova, O., Hamackova, J., Policar, T., 2009. Size-related oxygen consumption and ammonia excretion of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared in a recirculating system. *Aquaculture Research* 41, 135-142.
- Švinger VW, Vejsada P, Kouřil J, Rösch AK, Reiter RH, Kašpar J (2010) Vliv pohlaví na výtěžnost a organoleptické vlastnosti masa u sivena alpského/arktického (*Salvelinus umbla/alpinus*) z farmového chovu. XII. Česká ichtyologická konference 19. - 20. 5. 2010, Vodňany.
- Wedekind H., Schmidt G.: Investigations on different local strains of Arctic charr (*Salvelinus cf. umbla*) and their suitability for aquaculture. *Diversification in Inland Finfish Aquaculture* 16.-18. 5. 2011, Písek, pp. 68.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 20 stran)**  
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**  
Ústav akvakultury a ochrany vod  
Konzultant diplomové práce: **MSc. Katsiaryna Novikava**  
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání diplomové práce: **10. ledna 2018**  
Termín odevzdání diplomové práce: **4. května 2018**

  
prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.  
ředitel

V Českých Budějovicích dne 19. února 2018

## Obsah

1. Úvod	9
2. Literární přehled	
2.1. Ichtyologické popisy dotčených druhů sivenů	10
2.1.1. Siven americký	10
2.1.2. Siven arktický	12
2.2. Význam sivena amerického, sivena arktického a jejich křížence	14
2.3. Hybridizace sivena amerického a sivena arktického	17
2.4. Chov sivena v intenzivních podmínkách	18
2.4.1. Umělý výtěr, inkubace jiker	18
2.4.2. Odchov plůdku	19
2.4.3. Odchov do tržní velikosti	19
2.5. Význam a vliv nasycení vody kyslíkem na odchov ryb v produkčních chovech	20
2.5.1. Efekt různých oxických režimů na růst ryb	22
2.6. Vliv teploty vody na růst ryb v produkčních chovech	25
3. Materiál a metodika	
3.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst	27
3.1.1. Denní režim experimentu, zjišťování biometrických údajů, pitva a odběr krve	28
3.1.2. Popis experimentálního recirkulačního systému	29
3.2. Experiment 2 – Vliv odlišných oxických režimů na růst	30
3.2.1. Denní režim experimentu, zjišťování biometrických údajů, pitva a odběr krve	30
3.2.2. Popis experimentálního recirkulačního systému	31
3.3. Produkční ukazatele	32
3.4. Použitá metoda pro zjišťování druhové příslušnosti, hybridního statusu a maternální pozice sivena alsaského	36
3.5. Zpracování získaných dat a statistické vyhodnocení	37



4. Výsledky	
4.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)	38
4.2. Experiment 2 – Vliv různých oxických režimů na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)	47
5. Diskuze	
5.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)	56
5.2. Experiment 2 – Vliv různých oxických režimů na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)	58
6. Závěr	61
7. Seznam použité literatury	62
8. Seznam tabulek, grafů a příloh	
8.1. Seznam tabulek	69
8.2. Seznam grafů	69
8.3. Seznam příloh	71
9. Přílohy	72
10. Abstrakt	77
11. Abstract	78

## 1. Úvod

V České republice je produkční chov lososovitých ryb zaměřen především na pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*). Dle přehledu Rybářského sdružení České republiky se množství ročně vyprodukovaných lososovitých ryb od roku 2013 stabilizovalo na hodnotě kolem 650 tun. Za sledované období od roku 2007 byla evidována největší produkce v roce 2008 a to 815 tun. Prodejní cena se u nás obecně pohybuje kolem 140 Kč/kg živé váhy jak u pstruha duhového, tak u sivena amerického, u něhož bývá někdy vyšší v řádu jednotek až desítek Kč.

V chovech sivena amerického se v praxi setkáváme s problémem brzké pohlavní dospělosti, která může u mlíčáků nastoupit již v prvním roce (Baruš, Oliva a kol., 1995) a prodloužit tak dobu odchovu do tržní velikosti, neefektivní konverzi krmiva, sekundární zaplísňení a případnou vyšší mortalitu zapříčiněnou agresivnějším chováním (Kouřil a kol., 2008). Pro chov sivena arktického, jehož celosvětová produkce je dle FAO téměř třikrát vyšší než produkce sivena amerického, se v České republice nenacházejí nejvhodnější podmínky a v Evropě je jeho chov lokalizován spíše v alpských oblastech Rakouska a Německa. Dalšími významnými producenty sivena arktického jsou Island, Norsko, Kanada či Francie.

Možnou alternativou je tzv. alsaský siven, hybrid mezi sivenem americkým a sivenem arktickým, jehož chov a produkční ukazatele nebyly zatím v našich podmínkách zcela ověřeny. Kromě předpokládaného rychlejšího růstu oproti sivenu americkému a vyšší resistenci vůči IHN a VHS oproti pstruhu duhovému by byla tato ryba zpestřením nabídky lososovitých druhů na tuzemském trhu.

Cílem předkládané diplomové práce bylo ověřit příjem krmiva, růst a další produkční ukazatele alsaského sivena během časného odchovu v experimentálních recirkulačních systémech. První pokus, během kterého byly ryby exponovány třem oxickým režimům – permanentní hyperoxie, hyperoxie v průběhu světlé části dne a střídání hyperoxie a normoxie, probíhal na půdě FROV JČU v Českých Budějovicích. Druhý experiment, který ověřoval zmíněné ukazatele u ryb chovaných při různých teplotách (7, 10, 13, 16 a 19 °C), probíhal na pstruhárně v Nedošíně provozované Rybářstvím Litomyšl s.r.o.

## 2. Literární přehled

### 2.1. Ichtyologické popisy dotčených druhů sivenů

#### 2.1.1. Siven americký

Pro tento druh je geograficky původní severovýchod Severní Ameriky. Na konci 19. století byl uměle rozšiřován a vysazován v dalších lokalitách Ameriky, Kanady a v roce 1869 byl poprvé dovezen do Anglie a poté do zemí na Evropského kontinentu (Baruš, Oliva a kol., 1995). V roce 1885 byl poprvé vysazen u nás. Na několika lokalitách Jizerských hor a Krkonoš se vyskytuje přirozeně se rozmnožující populace. Prošlechtěná forma  $Si_{64}$  určená k intenzivnímu odchovu tržních ryb byla dovezena v roce 1964 (Kouřil a kol., 2008).

Typický přirozený habitat představují potoky, malé i větší řeky, rybníky a rozsáhlá jezera s čistou a chladnou vodou. V lokalitách, kde se vyskytuje spolu se pstruhem duhovým může obývat i drobné přítoky (Pennell, Barton, 1996). Siven americký snáší i kyselejší vody s pH až 4,1. V přirozeném prostředí se vykytují ve vodě s teplotou kolem 14 - 16 °C a pH 4,1 – 9,5, stálé populace se však nevyskytují ve vodách s teplotou vyšší jak 19 °C. Plůdek se zdržuje v mělčinách a s přibývajícím velikostí obývá hlubší vody (Kouřil a kol., 2008).

Siven americký má na bocích těla na mramorovaně šedozeleném podkladě načervenalé a světlé skvrnky. Hřbet je výrazně tmavší, břicho bývá žlutobílé. Řitní, břišní a prsní ploutve mají první paprsky krémově bílé, následuje část tmavá a načervenalá. Na hřbetě se nachází šedavá tuková ploutvička. Ocasní ploutev je heterocerkní. Spodní okraj horní čelisti a většina dolní čelisti je bílá. Tělo je kryto drobnými cykloidními šupinami, na postranní čáře se nachází asi 230 řad, nad postranní čárou 27 – 32 a pod ní kolem 50. Počet paprsků v hřbetní ploutvi je 9 – 11 (9,3) a v řitní 8 – 10 (8,6) (Baruš, Oliva a kol., 1995).

Mimo výtěrové období je pohlavní dimorfismus nezřetelný, mlíčáci mívají širší ústa a horní čelist zasahuje dále za zadní okraj oka. Během tření se u mlíčáků může směrem vzhůru zakřivovat dolní čelist a vytvářet tak „hák“, dále se u mlíčáků zvyšuje tělo, jiknačky mívají rozšířenou břišní část (Power, 1980).

K výtěru v původním areálu rozšíření dochází od konce srpna (u populací vyskytujících se severněji) až do začátku prosince (u populací vyskytujících se jižněji),

avšak nejčastěji se vytírá v říjnu (Power, 1980). Na trdlišťe nejprve putují mlíčáci. Jikrnačky vytvářejí na štěrkovitém dně hnízda, která po oplození nakladených jiker s pomocí proudící vody pokrývají štěrkem a pískem ve vrstvě 2 – 15 cm. Na dobu výtěru má výrazný vliv fotoperioda (Baruš, Oliva a kol., 1995). Teplota při výtěru se pohybuje v rozmezí 4,5 – 10 °C (Pennell, Barton, 1996). Podle Baucha (1954) se ve střední Evropě vytírá v říjnu až v březnu. Velikost jiker u volně žijících populací je v průměru 4,8 mm a u uměle chovaných jedinců 4,39 mm. Jikry jsou žlutooranžové. Absolutní plodnost je 100 – 7000 kusů jiker (Kouřil a kol., 2008). Pohlavní dospělosti dosahují ve 2 – 3 roce života, avšak mlíčáci mohou být pohlavně zralý již při délce 94 mm a jikernačky při 104 mm, tj. během prvního roku (Baruš, Oliva a kol., 1995). Tento fakt představuje problém zvláště u farem chovaných tržních ryb (Kouřil a kol., 2008). Ke kulení dochází od ledna do dubna, doba inkubace je při teplotě 3,9 °C 105 dní a při teplotě 10 °C 45 dní. K větším ztrátám na jikrách dochází v teplejší vodě (10 °C) než v chladnější (6 °C) (Carlander, 1969). K přechodu na exogenní výživu dochází v délce larvy 20 – 27 mm při nízkých rezervách žloutku ve žloutkovém váčku. Vzhledem k tomu, že ke tření v našich podmínkách dochází přibližně ve stejné době jako k výtěru pstruha obecného (*Salmo trutta m. fario*), může dojít ke vzniku mezirodového hybrida tzv. tygřího pstruha, který je však neplodný (Baruš, Oliva a kol., 1995), naopak v jezerech, kde se vyskytuje spolu se sivenem obrovským (*Salvelinus namaycush*) vznikají plodní hybridy (Berst a kol., 1981).

Raleigh (1982) zmiňuje z hlediska věku dvě ekologické formy, z nichž menší ryby vyskytující se v malých chladných tocích se dožívají 3 – 4 let a ryby z velkých jezer a řek dosahují věku až 8 – 10 let.

Mezi hlavní potravní složky sivena patří vodní hmyz a jeho larvy (jepice, vážky, blešivci), malé raci, drobné ryby, měkkýši či vodní pavouci (Scott a Crossman, 1973). V našich vodách tak nejen teritoriálně, ale i potravně konkuruje původnímu pstruhovi obecnému f. potoční a může tak negativně ovlivnit přirozené populace. Podle Powera (1980) je hlavním smyslem, který využívá k hledání potravy, zrak – chytá hmyz do výšky 40 cm nad vodní hladinou a rozeznává malé částičky ve vodě na vzdálenost 1 m.

Populace vyskytující se jižněji obecně nemigrují daleko od trdlišť. Jedinci ze severněji se vyskytujících populací mohou táhnout do oceánu, kde tráví 1 měsíc až 1 rok. Sezónní migrace mohou být zapříčiněny například extrémními výkyvy teplot (Scott a Crossman, 1973).

### 2.1.2. Siven arktický

Původní areál rozšíření tohoto druhu ve střední Evropě jsou alpská jezera v povodí horního toku Dunaje (Baruš, Oliva a kol., 1995). Dále se tento druh vyskytuje v jezerech a řekách na Aljašce, v Kanadě, na severu Spojených států amerických, v Rusku, Švédsku, Finsku, Velké Británii a v Japonsku (Pennell, Barton, 1996). První import byl již v roce 1759, a to na Českokrumlovsku (Pokorný a kol., 2003). Následné snahy o vysazení sivena arktického do našich vod se datují kolem roku 1870. Poté proběhla řada dalších pokusů o aklimatizaci tohoto druhu v našich vodách – Ohře, Divoká a Tichá Orlice, Vltava, které však nebyly úspěšné (Baruš, Oliva a kol., 1995). První dovezené ryby byly z Tyrolska, Švýcarska a Bavorska (Bubeníček, 1898). Frič (1908) zmiňuje úspěšný chov v pstruhových rybníčcích a nádržích s pramenitou vodou. Kouřil a kol. (2008) zmiňují, že siven arktický je nejseverněji se vyskytující sladkovodní ryba.

Siven arktický žije v hlubokých, čistých, oligotrofních jezerech. Vyskytuje se v hloubkách až 20 m. Nikol'skij (1944) podle způsobu získávání a druhu potravy rozlišuje 4 formy – 1) hlubinnou a dravou, 2) typickou živící se bezobratlými, 3) příbřežní zakrslou, plkanktonofágní, 4) hlubinnou zakrslou, bentofágní. Dle doby a místa výtěru se rozlišují 2 formy – 1) příbřežní – výtěr XI. – I., 2) bentická – výtěr VII. – VIII. ve 20 – 80 m (Bauch, 1954). Dále existuje rozdělení na jezerní formy a na anadromní formy žijící v moři a rozmnožující se v řekách. Siven arktický se vyznačuje širokou variabilitou forem, které se liší zbarvením, velikostí a rychlostí růstu. (Kouřil a kol., 2008). Optimální teplota pro růst je 12 – 16 °C (Johnson, 1980). Tento druh se však dokáže pohybovat při poproudových migracích ve vodách s teplotou – 1,5 – 2 °C (Pennell, Barton, 1996). Hřbet sivena je zbarven šedomodře, boky jsou bělavé či žlutavé a břicho červenooranžové. Na hřbetě jsou na podkladu bělavé až načervenalé skvrny, směrem k břichu spíše oranžové nebo žlutavé. U juvenilních jedinců mohou světlé skvrny částečně splývat a vytvářet mramorování na bocích. Jednotlivé ekologické formy se mohou lišit i zbarvením a existencí skvrnek. Párové i nepárové ploutve mají bělavý spodní okraj či krémově bělavou obrubu například ocasní ploutve. Ocasní ploutev je heterocerní. Tuková ploutvička světlejší než zbarvení hřbetu (Baruš, Oliva a kol., 1995). Počet měkkých rozvětvených paprsků v hřbetní ploutvi je 9 – 10 a v řitní 8 – 9. Počet řad cykloidních šupin na postranní čáře je více jak 220, nad postranní čarou se nachází 25 – 31 řad šupin a pod ní 30 – 40 řad (Baruš, Oliva a kol., 1995). Pohlavní dimorfismus není u tohoto

druhu mimo výtěrové období nikterak výrazný. Mlíčáci mívají větší párové ploutve, v době tření intenzivně červené břicho, to mohou však někdy mít i jikrnačky. Mlíčákům v oblasti břicha a hřbetu ve výtěrovém období hrubne kůže (Siebold, 1863).

Anadromní populace se vytírají na podzim v řekách a jezerech. K výtěru jezerních a nemigrujících forem v jezerech dochází na podzim či na jaře a v řekách a přítocích pouze na jaře. Teplota během výtěru se uvádí 2 – 7 °C (Armstrong, 1984). V Bavorsku dochází k výtěru v červenci až v srpnu (Baruš, Oliva a kol., 1995). Jako výtěrový substrát upřednostňují štěrk, případně písek. K výtěru v závislosti na formě dochází v hloubkách 3 - 6 m, v evropských jezerech 1 – 100 m (Johnson, 1980). Jikrnačky dosahují pohlavní dospělosti kolem 10 roku života a v závislosti na lokalitě a podmínkách se vytírají annuálně či každý 2, 3 až 4 rok (Armstrong, 1984). Mlíčáci jsou pohlavně dospělí zpravidla o rok dřívě, ale obecně je doba pohlavní dospělosti proměnlivá s místem výskytu. Inkubace jiker nakladených na podzim trvá 64 – 80 dní a ke kulení z jiker nakladených na jaře dochází za 70 – 80 dní. Negativně ovlivňují vývoj jiker a líhivost teploty nad 7 – 8 °C (Baruš, Oliva a kol., 1995). Při teplotách 0 – 4 °C v arktických oblastech dochází ke kulení za 130 – 230 dní a teploty nad 7 °C jsou pro jikry letální. Velikost jiker je 3,2 (3,8) – 5 mm a absolutní plodnost u 40 – 60 cm velké samice je 950 – 6 500 jiker (Johnson, 1980). Na trdliště nejprve připlouvají mlíčáci. Jikrnačky před samotným výtěrem vytvoří větší množství (8 – 10) kruhových hnízd, která mohou mít v průměru až 2 – 3 m. Po naklazení a oplození jiker mohou samice hnízdo zakrývat pískem a štěrkem. Mlíčáci se obvykle vytírají s více jikrnačkami (Farbricius a Gustafson, 1954).

Siven arktický je pomalu rostoucí dlouhověká ryba. Maximální velikosti mohou dosáhnout ve 20 roce a dožít se až 36 let. Velcí jedinci mohou být až 1 m dlouhý s hmotností až 12 kg (Scott a Crossman, 1973).

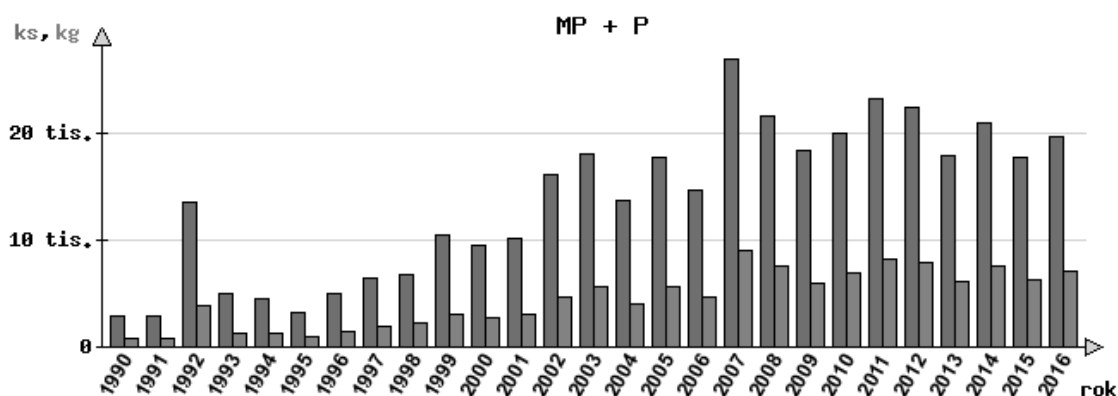
Mezi potravní složky patří ryby, drobní korýši (buchanky, perloočky), měkkýši, náletový hmyz a larvy vodního hmyzu a další bentičtí organismy. Pouze plankton a bentos ve výživě vede ke vzniku zakrslých forem (Neresheimer, 1937).

Juvenilové migrujících forem se první 2 – 3 sezóny zdržují v místech, kde se vykulily. Až s dosažením věku 5 let každoročně migrují do moře za potravou, kdy následují starší jedince. K prvnímu výtěru se obvykle vracejí do svých rodných potoků, řek či jezer (Johnson, 1980).

## 2.2. Význam sivena amerického, sivena arktického a jejich křížence

Siven americký je v současné době jedním z nejoblíbenějších druhů sportovních ryb, a to zejména u sportovních rybářů zabývajících se metodou lovu muškařením. Vysazuje se především do pstruhových revírů, revírů se zvláštním režimem (cílené vysazování trofejních ryb, upravené podmínky lovu), sportovních rybníků i do mimopstruhových revírů. Kavalec (1972) uvádí, že se u nás v roce 1968 ulovilo 321 ks sivena o celkové hmotnosti 113 kg, o dva roky později 1970 to bylo již 612 ks o celkové hmotnosti 247 kg. Z grafu č. 1, znázorňujícího vývoj úlovků sivena amerického na P i MP revírech ČRS od roku 1990, je zřejmá do roku 2007 rostoucí tendence množství úlovků. Zatímco v roce 1990 bylo evidováno 2 977 ks ponechaných úlovků, tak v roce 2007 to byl přibližně devítinásobek tedy 26 883 ks evidovaných úlovků. V následujících letech je evidováno stabilně kolem 20 000 ulovených sivenů. Siven americký jako teritoriální a potravní konkurent našich původních ryb pstruhového a lipanového pásma by neměl být vysazován do úseků s úspěšně se rozmnožujícími populacemi pstruha obecného f. potoční a lipana podhorního (*Thymallus thymallus* Linnaeus, 1758), ale do úseků a revírů navštěvovaných sportovními rybáři v odpovídajících zásadách. Vzhledem k tomu, že siven arktický nebyl doposavad úspěšně aklimatizován v našich tocích, tak z hlediska produkce pro sportovní rybolov není významný.

Graf č. 1 – Úlovky sivena amerického na pstruhových a mimopstruhových revírech ČRS v letech 1990 – 2016 (rybsvaz.cz)



Siven arktický má význam ve výživě člověka v arktických oblastech, kde je jednou z mála dosažitelných sladkovodních ryb (Nikol'skij, 1971). V druhé polovině

minulého století byl dokonce průmyslově loven v kanadských jezerech, následoval pokles v množství úlovků a lov byl omezen na sportovní rybolov (McCrimmon a Gots, 1980). Pokles v početnosti byl pozorován i v severní Anglii, Grónsku a Švédsku. Dle posledních statistik FAO je nejvíce sivenů arktických loveno ve Švýcarsku, v roce 2015 to bylo 45 tun, dále v Grónsku – 17 tun a Švédsku – 13 tun. V rakouských jezerech nebezpečí pro arktického sivena představuje především znečišťování tamních jezer (Baruš, Oliva a kol., 1995). Siven arktický se vyznačuje dobrými růstovými charakteristikami, vysokým stupněm konverze krmiva (Brännäs, 2004) a odolností vůči mykotickým onemocněním (Nilsson, 1994).

Význam sivena alsaského, křížence sivena amerického a sivena arktického, je spatřován především ve vyšší rezistenci vůči IHN a VHS, a také v rychlosti růstu. Tento hybrid by mohl být v českých akvakulturních chovech alternativou za sivena arktického, který je citlivější vůči vyšším teplotám než optimálním, což by mimo jiného měla ověřit i tato práce.

Siven americký je v českých pstruhařských chovech poměrně běžným a oblíbeným druhem. Spolu se pstruhem duhovým je nejkonzumovanější sladkovodní lososovitou rybou u nás. Nevýhodou je jeho brzká pohlavní dospělost, která může zapříčinit snížení rychlosti růstu, sníženou konverzi krmiva a vyšší úmrtnost (Kouřil a kol., 2008).

Oba zmíněné druhy jsou často chovány ve sladkovodní akvakultuře za účelem produkce tržních ryb. Z následující tabulky je zřejmé, že po Rakousku a Francii je Česká republika třetím nejvýznamnějším světovým producentem sivena amerického. Celková produkce v České republice byla v roce 2015 243 tun ryb z 1 574 tun celosvětové produkce a doposavad nejvyšší česká produkce byla zaznamenána v roce 2013 a to 363 tun.



Tab. č. 1 – Světová akvakulturní produkce sivena amerického v letech 2006 – 2015 (t)  
(FAO Yearbook, 2015)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rakousko	260	253	257	244	256	393	426	455	431	613
Bosna a Hercegovina	32	25F	25F	30F	30F	3	1	1	6	9
Bulharsko	6	4	2	1	1	/	/	12	6	8
Česká republika	94	153	201	145	262	235	363	237	266	243
Dánsko	170	258	181	213	115	109	119	76	106	151
Itálie	/	/	26	25	51	132	419	498	378	380 F
Rumunsko	0	12	17	20	20 F	15	/	34	/	170
Slovensko	1	4	2	1	2	7	6	36	46	/
Slovinsko	4	8	23	29	6	/	/	/	100	/
Velká Británie	1	1	6	1	/	/	1	/	/	/
Celkem	568	718	740	710	743	894	1335	1348	1338	1574

V případě sivena arktického je největším producentem Island, kde se v roce 2015 vyprodukovalo 3 937 tun ryb. Následuje jej Norsko a Rakousko.

Tab. č. 2 – Světová akvakulturní produkce sivena arktického v letech 2006 – 2015 (t)  
(FAO Yearbook, 2015)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rakousko	16	14	13	44	45	140	120	142	328	208
Kanada	/	/	200 F	200 F	200 F	200 F	200 F	200 F	200 F	200 F
Island	1229	2048	3160	2405	2427	3021	3089	3215	3411	3937
Irsko	36	45	30	38	40	40	40	40	/	/
Itálie	/	/	61	63	138	99	148	165	16	15 F
Norsko	/	/	468	421	492	276	309	281	285	259
Velká Británie	4	7	/	9	14	13	11	11	10	10 F
USA	81	87	85	100 F	/	/	100 F	/	/	/
Celkem	1366	2201	4017	3280	3356	3789	4017	4054	4250	4629

V České republice jsou lososovité ryby po kapru obecném (*Cyprinus carpio*) a býložravých druzích ryb nejpočetnější produkovanou skupinou. Jedná se především o pstruha duhového, sivena amerického a pouze v menší míře o pstruha obecného.

Tab. č. 3 – Akvakulturní produkce ryb v České republice v letech 2007 – 2016 (t) (Rybářské sdružení ČR)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Kapr	17947	17507	17258	17746	18198	17972	16809	17833	17860	18362
Lososovité ryby	776	815	671	738	814	752	682	692	611	668
Lín, síhové	295	308	271	241	208	184	165	163	157	147
Býložravé ryby	747	980	1010	1071	958	997	892	779	822	1063
Dravé ryby	218	236	228	218	229	227	238	202	213	230
Ostatní	464	549	633	406	603	631	572	466	537	482
Celkem	20447	20395	20071	20420	21010	20763	19358	20135	20200	20952

### 2.3. Hybridizace sivena amerického a sivena arktického

První pokusy o hybridizaci lososovitých ryb byly zaznamenány již v 80. letech 19. století (Day, 1884). Schmidt (2002) uvádí, že první hybridizace sivena amerického a sivena arktického proběhla kolem roku 1890 v Hüningenu v Alsasku, nynějším nejmenším regionu Francie, podle kterého je nazýván (originální název Elsässer Saibling). Jedná se o reciproké křížence a v názvu se nespécifikuje mateřská a otcovská pozice. Kromě cílené hybridizace v akvakultuře ke křížení dochází také v přirozených podmínkách, a to i v generaci F1, která je plodná (Hammar a kol., 1991). Tento hybrid je stále oblíbenou tržní rybou německých konzumentů (Piwernetz, 2002). F1 generace je podobná spíše sivenu arktickému a je plodná. Další generace nelze morfologicky rozlišit od rodičů (Hammar a kol., 1991). Výhodou hybrida je pozdější pohlavní dospělost (1+), vyšší odolnost vůči VHS a IHN, avšak teplota v chovu by neměla překračovat 16 °C (Kouřil, 2014).

## 2.4. Chov sivena v intenzivních podmínkách

### 2.4.1. Umělý výtěr, inkubace jiker

K reprodukci lososovitých ryb v produkčních chovech se používá metoda umělého výtěru. Po odlovení generačních ryb dojde k roztrídění na jiknačky a mlíčáky a umístění do manipulačních nádrží, kde je možné optimalizovat podmínky pro úspěšnou reprodukci a kontrolovat připravenost k samotnému výtěru. Následuje anestézii ryb před výtěrem, k níž se nejčastěji používá hřebíčkový olej či 2-phenoxyethanol. Při výtěru se ryba drží v navlhčené látce, osuší se jí břišní partie a provádí se palpáce břišní dutiny. Samičí pohlavní produkty se vytírají do suchých misek či sítěk pro odkapání ovariální tekutiny. V případě lososovitých ryb se nejčastěji přistupuje k tzv. Německé metodě, tedy jikry se vytírají i s ovariální tekutinou do suchých misek, ta působí příznivě na pohyblivost spermií. Následuje výtěr několika mlíčáků a aktivace oplození vodou či aktivačními roztoky. Poté se jikry nechají v klidu 2 – 3 min, kdy dojde k samotnému oplození. Při produkci násady původních druhů a populací do volných vod se po výtěru jiknaček jejich pohlavní produkty rozdělí do více misek a na každou se vytírá jen jeden mlíčák. K tomuto se přistupuje z důvodu zachování genetické variability. Siven americký se vytírá zpravidla v listopadu až v lednu při teplotě vody kolem 3 – 5 °C (Kouřil a kol., 2008). Výtěr sivena arktického probíhá dle původu populace v období září – listopad či leden – květen (Hochleithner, 2001) při teplotě kolem 2 – 4 °C (Mayer, 2003).

Následuje inkubace jiker v líhňařských aparátech, nejčastěji v horizontálních přístrojích (kalifornský typ, Rückel-Vackův aparát) či v inkubačních lahvích (Zugska, Kannengiterova či Chasseova). Dle potřeby se provádí léčebné a desinfekční koupele či odstranění mrtvých jiker pomocí odsávání. Inkubace do vykulení trvá při teplotě vody 2 – 5 °C u sivena amerického asi 288 – 515 d° (Kouřil a kol., 2008). Pennell a Barton (1996) uvádějí, že k vykulení 50 % jedinců dojde při teplotě 5 – 10 °C za 447,8 – 377,6 d° u sivena arktického a za 458,5 – 464,7 d° u sivena amerického. Probíhá – li inkubace za vyšší teploty (10 °C) dochází k větším ztrátám a kulí se menší plůdek (Pokorný a kol., 2003). Mayer (2003) doporučuje pro inkubaci jiker sivena arktického teplotu 2 – 5 °C a dále zmiňuje, že při teplotě nad 6 °C již dochází k významným ztrátám.

### 2.4.2. Odchov plůdku

Při raném odchovu s počátečním rozkrmením je možné plůdek nechat v horizontálních inkubačních přístrojích nebo se raný odchov a rozkrmení praktikuje v delších laminátových, betonových či plastových žlabech o šířce 0,5 m a délce 2 m a více. Z nádrží je třeba odstraňovat zbytky krmiv, exkrementy a pravidelně plůdek krmit každé 1 – 2 hodiny alespoň 10 – 12 hodin denně. K rozkrmování se používá živý nebo mražený zooplankton či kompletní startérová krmiva. Následná denní dávka krmiva představuje asi 10 % hmotnosti obsádky a předkládá se 5 – 6x za den. Do rozplávavacích nádrží se plůdek nasazuje v množství 80 000 – 100 000 ks/m<sup>3</sup> a postupně se obsádka snižuje až na 20 000 – 30 000 ks/m<sup>3</sup> (Kouřil a kol., 2008). Wallace a kol. (1988) uvádějí pozitivní vliv na růst – nižší heterogenitu a rychlejší růst, je – li hustější obsádka plůdku sivena arktického asi 70 – 250 ks/l. Voda v nádrži by se měla vyměnit několikrát za hodinu a koncentrace kyslíku by na odtoku neměla klesnout pod 6 mg/l (Kouřil a kol., 2008). U sivena arktického se jako optimální teplota pro rozkrmení uvádí 6 – 8 °C (Wallace a Aasjord, 1984b)

### 2.4.3. Odchov do tržní velikosti

Intenzivní odchov tržních ryb se nejčastěji provádí v zemních pstruhových rybníčcích či náhonech, venkovních průtočných betonových nádržích nebo v klasických recirkulačních akvakulturních systémech či systémech dánského typu. Vzhledem k teplotnímu optimu k odchovu, které se u sivena amerického pohybuje kolem 14 °C (McCormick a kol., 1972), jsou tyto chovy v našich klimatických podmínkách spíše ve vyšších polohách. U sivena arktického se optimální teplota pro odchov uvádí 12 – 15 °C (Jobling, 1983). Přítok vody do zemních rybníčků či betonových nádrží by měl být minimálně 1 l/min na kg obsádky. Koncentrace kyslíku v přítokové vodě by se měla pohybovat mezi 9 – 12 mg/l a na odtoku min. 6 mg/l. Do rybníčků se nasazuje nejčastěji roček a kusové hmotnosti kolem 20 - 50 g v množství 35 ks/m<sup>2</sup> a do betonových nádrží půlroček či roček v množství 100 – 200 ks/ m<sup>2</sup>. Wallace a kol. (1988) u sivena arktického (5,5 g) uvádějí optimální obsádku 37 – 72 kg/m<sup>3</sup>. Při vyšších obsádkách sivena arktického 50 – 120 kg/m<sup>3</sup> se zabráni teritoriálním projevům, vysoké heterogenitě v růstu a naopak dojde k utužení hejnového chování, k čemuž přispívá i chov v hlubších nádržích (Mayer, 2001; Jobling, 1995). Avšak vyšší obsádky u sivena amerického se projevují zřetelným

snížením růstového koeficientu již při rozdílu 30 kg/m<sup>3</sup> a 60 kg/m<sup>3</sup> (Vijayan a Leatherland, 1988). Výkrm tržních ryb v těchto podmínkách trvá 5 – 7 měsíců (Kouřil a kol., 2008). Již zmíněnou výhodou sivena arktického je jeho výrazně pozdější pohlavní dozrávání, a to především u mlíčáků. Jak v případě sivena amerického tak i sivena arktického se v produkci tržních ryb často chovají sterilní triploidní jedinci, u nichž se nevyskytuje růstová deprese zapříčiněná raným pohlavním dozráváním či chov monosexních samičích populací, které vznikají oplodněním vytřených jiker spermii z maskulinizovaných jikrnaček. Přímo ošetřené ryby k maskulinizaci nejsou určené ke konzumaci, ale k produkci monosexních populací. K produkci triploidních jedinců se využívá fyzikálních teplotních a tlakových šoků, tz. vystavení jiker teplé lázni a vysokému tlaku vody (Flajshans a kol., 2013).

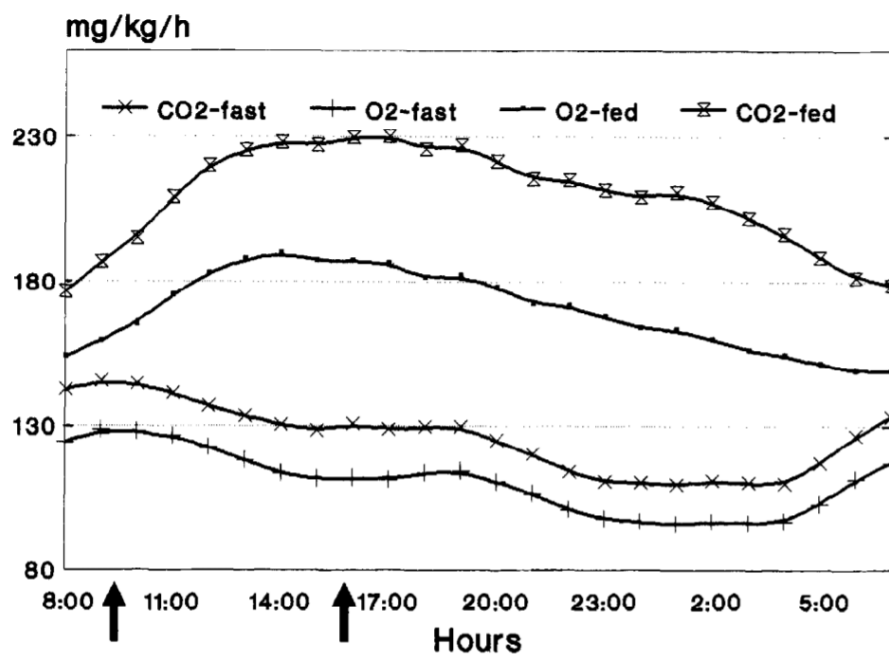
## **2.5. Význam a vliv nasycení vody kyslíkem na odchov ryb v produkčních chovech**

Jeden z hlavních faktorů, který ovlivňuje úspěšnost odchovů v intenzivních podmínkách je množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. Kromě respirace ryb je spotřebováván při rozkladných procesech exkrementů či nezkonsumovaného krmiva a v případě recirkulačních systémů i v biologických filtrech. Pokud není ve vodě obsažen v optimálním množství může negativně ovlivnit růst ryb, příjem a konverzi krmiva a celkový fyziologický stav ryb (Jobling, 1994). Vzhledem k hustějším obsádkám a zvýšenému metabolismu ryb se v intenzivních chovech přistupuje k oxygenaci, kdy je kyslík do systému dodáván z tlakových lahví nebo zásobníků a ve venkovních nebo větších chovech je další možností aerace, kdy je pomocí mechanických zařízení do vody vháněn vzduch.

Kyslík je nezbytný pro basální metabolismus ryb, pohyb, trávicí procesy a biosyntézu. Běžně se uvádí v % nasycení vody kyslíkem či jako koncentrace kyslíku v mg/l. Důležitý je také gradient parciálního tlaku kyslíku mezi vnitřním prostředím (rybou) a vnějším prostředím, který není závislý jen na koncentraci kyslíku ve vodě, ale také na teplotě vody, atmosferickém tlaku a salinitě. Obecně platí, čím vyšší je teplota, tím nižší je rozpustnost kyslíku ve vodě a čím vyšší je atmosferický tlak, tím vyšší je rozpustnost kyslíku ve vodě (Pennell, Barton, 1996). Buentello a kol. (2000) na základě experimentu se sumečkem tečkovaným (*Ictalurus punctatus*) dále uvádí, že navzdory vysoké dostupnosti je spotřeba kyslíku v chladnější vodě nízká. Lososovité ryby jsou poměrně

náročné na koncentraci a stabilitu množství kyslíku ve vodě. Doudoroff a Shumway (1970) uvádějí letální koncentraci pro dospělé jedince 1 – 3 mg/l. Optimální koncentrace pro chov lososovitých ryb je kolem 7,8 mg/l (Davis, 1975). Při inkubaci jiker do stádia očních bodů je doporučená koncentrace 6 mg/l a od tohoto stádia až do vykolení pak koncentrace do 11 mg/l (DFO, 1983). Vzhledem k alometrické závislosti plochy žaber ku velikosti těla je vyšší spotřeba kyslíku na jednotku tělesné hmotnosti u malých než u větších ryb (Pauly, 1981). Obecně lze také říci, že větší ryby mají pomalejší metabolismus a nižší příjem potravy (Jobling, 1993). Stejskal a kol. (2009) také uvádí vyšší spotřebu kyslíku u menších velikostních kategorií okouna říčního (*Perca fluviatilis*). Gruber a Wieser (1983) pozorovali nižší hmotnost vykolených larev sivena arktického, jejichž inkubace probíhala ve vodě s nižším nasycením vody kyslíkem než u larev, které se inkubovaly ve vodě s vyšším nasycením. Jak již bylo výše zmíněno, míru spotřeby kyslíku rybami ovlivňuje i hladovění či příjem krmiva, jeho množství a kvalita. Z následujícího grafu, kde je znázorněna denní spotřeba kyslíku a exkrece oxidu uhličitého u pstruha duhového, je zřejmé, že vyšší spotřeba kyslíku a vyšší exkrece oxidu uhličitého byla zaznamenána právě u krmených ryb.

Graf č. 2 – Spotřeba kyslíku a exkrece oxidu uhličitého během dne u krmených a nenakrmených pstruhů duhových (Kaushik and Médale, 1994)



V experimentu se sumečkem tečkovaným byla zjištěna 1,45x vyšší spotřeba kyslíku u krměných ryb o hmotnosti 100 g v porovnání s nekrmenými rybami (Buentello a kol., 2000). Whitworth (1969) v práci se sivenem americkým zmiňuje, že kolísání koncentrace rozpuštěného kyslíku negativně ovlivňuje růst ryb, zatímco konstantní koncentrace působí na růst pozitivně. Jobling (1980) uvádí, že vzrůst spotřeby kyslíku koresponduje s SDA (Specific Dynamic Action, termický efekt potravy). V experimentu s platýsem velkým (*Pleuronectes platessa*) zmiňuje, že nejvyšší efekt byl pozorován u diet s vysokým obsahem proteinů, které nejsou jediným, ale hlavním faktorem ovlivňující SDA, tedy i spotřebu kyslíku.

### **2.5.1. Efekt různých oxických režimů na růst ryb**

U většiny běžně chovaných druhů se v literatuře uvádějí optimální parametry vody, často i pro jednotlivá vývojová stádia, z důvodu úspěšných odchovů ryb do tržní velikosti. Pro optimalizaci metod produkčních chovů je nutné ověřit, zda při mírném překročení spodní či horní hranice doporučených hodnot či vystavení extrémějším hodnotám daných parametrů, případně aplikaci určitých režimů, obsádky ryb neprosperují lépe či nevykazují lepší růst a konverzi krmiva.

V případě koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě je popisována hypoxie, normoxie a hyperoxie. Uvádí se, že konstantně nižší koncentrace kyslíku ve vodě (hypoxie) mohou negativně ovlivnit rychlost růstu a konverzi krmiva v důsledku zpomalení metabolických procesů, zvýšení výdeje energie na srdeční činnost a dýchání (Jobling, 1994). Soivio a kol. (1980) uvádějí, že pstruh duhový v důsledku nízké koncentrace kyslíku může zvýšit produkci hemoglobinu. Na nižší koncentraci kyslíku ve vodě ryby obvykle odpovídají dvěma způsoby. Na snižující se nasycení vody kyslíkem reagují snížením metabolické činnosti či udržují metabolickou aktivitu navzdory širokému rozpětí koncentrace kyslíku, které se může přibližovat extrémním hodnotám pro daný druh. V současné době se hypoxie popisuje v rozmezí koncentrace 0.2 až 4.0 mg/l s průměrem 2,1 mg/l, při níž však nelze udržet citlivější druhy (Farrell a Richards, 2009). Vaquer-Sunyer a Duarte (2008) uvádění jako vhodnější horní hranici 4,6 mg/l, kdy přežívá až 90 % exponované obsádky. Zmíněné zdroje tyto informace uvádějí obecně a bohužel nespecifikují druhovou skupinu, pro kterou jsou myšleny tyto hodnoty. Důsledkem expozice hypoxie může být tvorba kyseliny mléčné ve svalovině během

pohybové aktivity, anemické projevy a pokles koncentrace hemoglobinu či zvětšení plochy žaber a omezení difúze látek z vnitřního prostředí do vody (Farrell a Richards, 2009). Rudolf a kol. (2003) v experimentu s kaprem obecným (*Cyprinus carpio*) zmiňují, že chronické vystavení hypoxii může na ryby působit jako endokrinní disruptor, dochází ke snížení úrovně testosteronu, estradiolu a triiodothyroninu, motility spermii, oplozovací schopnosti a ke snížení úspěšnosti při inkubaci a odchovu ranných stádií. Mezi druhy, které dokáží tolerovat velice nízké koncentrace patří například jeseter jadranský (*Acipenser naccarii*) - 1.8 mg/l při teplotě 23 °C (McKenzie a kol., 2007) či treska obecná (*Gadus morhua*) - 2.42 a 2.95 mg/l při 15 °C (Schurmann a Steffensen, 1997). U lososovitých ryb je často uváděna vysoká citlivost vůči nízkým koncentracím kyslíku, přesto experiment s tasmánskou populací lososa obecného (*Salmo salar*) prokázal schopnost regulovat metabolickou aktivitu při nasycení vody kyslíkem 35 – 50 % dle teploty vody (14, 18, 22 °C), a tedy vyšší toleranci k poklesu koncentrace kyslíku, ke kterému může v produkčních intenzivních chovech docházet (Barnes a Carter, 2011). Stevens a kol. (1998) popisují ztrátu rovnováhy u 50 % pohybujících se lososů při koncentraci 1,6 mg/l. McKim a Goeden (1982) uvádějí zrychlení frekvence dýchání u sivena amerického při nasycení 50 %. Čím nižší je úroveň nasycení, tím vyšší je frekvence dýchání a zátěž na srdeční činnost. Experiment s mořským okounem (*Dicentrarchus labrax*), který byl po dobu odchovu (30 dní) rozdělen do 3 skupin, z nichž první byla vystavena hypoxii na úrovni 40 % nasycení, druhá kolísajícimu nasycení v rozmezí 40 – 86 % a třetí skupina jako kontrola chovaná v normoxickém režimu s 86 % nasycení při teplotě 22 °C, prokázal, že ryby vystavené hypoxii přijímaly méně krmiva, vykazovaly omezený růst a nižší faktor kondice. Ryby vystavené kolísajícimu nasycení se statisticky nelišily od ryb chovaných v normoxii a hypoxii. Nižší růst u ryb chovaných v hypoxii a v kolísajícím režimu nasycení připisují malé ochotě přijímat krmivo. (Thetmeyer a kol., 1999). V dalším experimentu s juvenilími pakambaly velké (*Scophthalmus maximus*), z nichž první skupina byla odchovávána v hypoxickém režimu s koncentrací 3,5 mg/l, druhá s koncentrací 5 mg/l a třetí v normoxii s koncentrací 7 mg/l po dobu 45 dní při teplotě 17 °C, se opět uvádí menší příjem krmiva a pomalejší růst u ryb chovaných v hypoxii, přičemž mezi těmito dvěma úrovněmi hypoxie nebyl statistický rozdíl (Pichavant a kol., 2000). Caldwell a Hinshaw (1994) nepozorovali žádný rozdíl v růstu u pstruha duhového během 10 týdeního odchovu, kde byly jednotlivé skupiny



vystaveného hypoxii (65 %), normoxii (100 %) a hyperoxii (130 %), avšak uvádí, že u ryb chovaných v supersaturované vodě došlo ke snížení koncentrace červených krvinek, hemoglobinu a hematokrytu. Edsall a Smith (1990) také uvádějí, že nepozorovali zlepšení v růstu a konverzi krmiva při vystavení hyperoxii 180 % u pstruha duhového a pstruha žlutohrdlého (*Oncorhynchus clarkii*). Rychlejší růst, efektivnější konverzi krmiva a lepší kvalitu ploutví pstruha duhového (délka pokusu 98 dní, hyperoxie 150 %) a pstruha žlutohrdlého (délka pokusu 80 dní, hyperoxie 172 %) nepozorovali ani Doulos a Kindschi (1990). K opačnému závěru došli Dabrowski a kol. (2004), kteří pstruha duhového vystavili hypoxii (50 %), normoxii (100 %) a hyperoxii (180 %) po dobu odchovu 18 týdnů a zjistili významně rychlejší růst u ryb v hyperoxickém prostředí v porovnání s rybami chovanými v hypoxii. Důležité je zdůraznit, že předkládané množství krmiva bylo určováno podle ochoty jej přijímat. Tato práce popírá předcházející experimenty a zmiňuje, že vliv hyperoxie na růst pstruha duhového se projeví při delším odchovu.

Vliv hypoxie, normoxie a hyperoxie na růst a konverzi krmiva vlkouše skvrnitého (*Anarhichas minor*) zkoumal Foss a kol. (2002). Po dobu jedenácti týdnů byla jedna skupina ryb chována v hypoxii s koncentrací 4 a 6 mg/l, druhá v normoxii 9,6 mg/l a třetí v hyperoxii 14,5 mg/l při teplotě vody 8 °C. Ryby chované v normoxii a hyperoxii vykazovaly významně vyšší specifickou rychlost růstu (0,9 – 0,86 % x den<sup>-1</sup> vs. 0,46 – 0,71 % x den<sup>-1</sup>). Průměrná hmotnost a celková spotřeba krmiva byla také vyšší u ryb v normoxii a hyperoxii. Růst byl v hyperoxii limitovaný jen v raném odchovu a v hypoxii s koncentrací 6 mg/l se růst ke konci experimentu vyrovnával s růstem ryb chovaných v normoxii. Dále uvádějí, že hyperoxie může být pro chov ryb prospěšná i navzdory vyšší koncentraci amoniaku.

Obecně lze tedy říci, že hypoxické podmínky mohou způsobovat sníženou ochotu přijímat krmivo a v důsledku neefektivní konverzi krmiva a nižší rychlost růstu. Naopak chov ryb v hyperoxickém prostředí se může projevit vyšší metabolickou aktivitou, nižší spotřebou energie na dýchání a pomalejší frekvencí dýchání, vyšší spotřebou krmiva než v hypoxii a normoxii a lepšími růstovými parametry (Dong a kol. 2011).

## 2.6. Vliv teploty vody na růst ryb v produkčních chovech

Teplota vody patří mezi hlavní faktory ovlivňující prosperitu a dobu výkrmu do tržní velikosti chovaných ryb. Se vzrůstající teplotou se zvyšuje ochota přijímat krmivo, a také ovlivňuje trávicí pochody a konverzi krmiva (Pennell, Barton, 1996). Běžně se v provozních podmínkách ryby chovají při konstantních teplotách, avšak některé práce dokládají, že oscilující teplota v rámci několika jednotek stupňů, která je nižší než konstantní teplotní optimum pro daný druh, může mít pozitivní efekt na růst např. u lososa obecného (Berg a kol., 1990), juvenilů lososa nerka (*Oncorhynchus nerka*) (Clarke a kol., 1978) či juvenilů morčáka pruhovaného (*Morone saxatilis*) (Cox a Coutant, 1981).

Siven arktický je obecně považován za chladnomilný druh ryby, avšak Swift (1964) zmiňuje, že přijímají krmivo i při teplotách kolem 16 °C. V experimentu Larrsona a Berglunda (1998) se uvádí, že juvenilové tohoto druhu prosperují ve stejných teplotních režimech jako pstruh duhový, a dokonce vykazují rychlejší růst. Bylo testováno šest různých teplotních režimů - 5, 9, 13, 16, 18 a 20 °C během dvoutýdeního odchovu. Ryby byly krmeny peletami či korýšem *Neomysis integer* a byl sledován růst a spotřeba krmiva. Největší růst vykazovaly ryby chované při 13, 16 a 18 °C bez ohledu na dietu, dále se vzrůstající teplotou byl zjištěn pokles rychlosti růstu. Rychlejší snížení růstové rychlosti nastalo u ryb krmených korýšem *Neomysis integer*.

Další práce zmiňuje, že ochota sivena arktického přijímat krmivo se zvyšuje se zvyšující se teplotou do 10 °C, přičemž vyšší teploty v tomto experimentu nebyly testovány (Jobling, 1983).

Maximální růst a spotřebu krmiva pozoroval u sivena amerického Baldwin (1956) při teplotě 13 °C, přičemž růst testoval při dalších teplotních režimech - 9, 13, 17 a 21 °C na sivenech krmených živou potravou.

McCormick a kol. (1972) pozorovali vliv teploty na růst a přežití sivena amerického během 8-týdeního odchovu, kde testovali šest teplotních režimů - 7,1; 8; 12,4; 15,4; 17,9 a 19,5 °C. Největší rychlost růstu vykazovaly ryby chované při 12,4 a 15,4 °C a největší mortalita byla zaznamenána v teplotních režimech 17,9 a 19,5 °C.

Selong a kol. (2001) testovali 11 teplotních režimů (8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, a 28 °C) na sivenu velkohlavém (*Salvelinus confluentus*) během 60ti denního experimentu. Ryby chované při teplotách 8 – 18 °C vykazovaly přežití až 98 %, zatímco ryby chované ve vodě nad 22 °C nepřijímaly krmivo a nepřežily. Nejvyšší rychlost růstu

byla pozorována u ryb chovaných při 12 – 14 °C.

U pstruha duhového byla největší rychlost růstu při konstantním teplotním režimu 17,2 – 18,6 °C – činila 5,12 %/den při 17 °C a při střídavém teplotním režimu 15,5 – 17,3 °C – činila 5,24 %/den. Rychlejší růst byl pozorován při oscilujícím teplotním režimu s teplotou nižší než bylo optimum při konstantním teplotním režimu. Testováno bylo šest konstantních teplot mezi 8 – 22 °C a šest oscilujících teplotních režimů mezi 12 – 22 °C (Hokanson a kol., 1977).

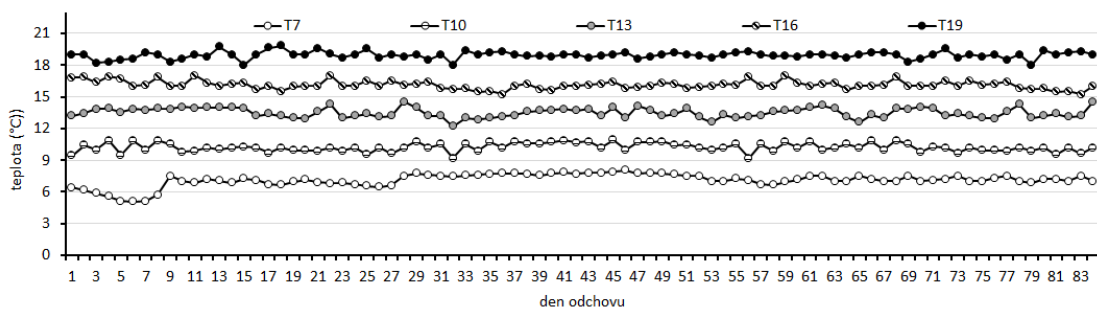
Brännäs a Wiklund (1992) ověřovali růst sivena arktického a pstruha duhového při nízkých teplotách – 0,3; 5 a 10 °C. Při teplotách 0,3 a 5 °C bylo významně rychlejší zvýšení hmotnosti v porovnání se pstruhem duhovým, avšak při teplotě 10 °C byl pozorován opak ve prospěch pstruha duhového.

### 3. Materiál a metodika

#### 3.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst

Pokus probíhal v období listopad – leden v Nedošínské pstruhárně (Vackův chov pstruhů) provozované Rybářstvím Litomyšl s.r.o. K posouzení růstu byly využity produkční ukazatele, které jsou popsány níže. Ryby použité k tomuto pokusu pochází z umělého výtěru sivena amerického a sivena arktického provedeného právě na této provozovně. Porovnávané teploty, ve kterých byly ryby chovány, byly 7 °C, 10 °C, 13 °C, 16 °C a 19 °C. Průběh teploty vody u jednotlivých experimentálních skupin je znázorněn na grafu č. 3. Pro každou skupinu byl předem zkonstruován samostatný experimentální recirkulační systém se čtyřmi chovnými nádržemi popsány v samostatné podkapitole níže. Všechny zmíněné systémy byly napájeny z místního pramenu o teplotě kolem 10 °C. Do každé nádrže v každém systému bylo dne 1.11. 2017 nasazeno 35 juvenilních jedinců alsaského sivena s průměrnou hmotností kolem  $21,74 \pm 0,42$  g a průměrnou celkovou délkou  $131 \pm 1$  mm. Počáteční biometrické údaje každé ryby byly zjišťovány v den nasazení, tj. každá ryba byla zvážena a změřena její celková a standardní délka. Oficiální začátek experimentu byl dne 7.11. 2017. Technická obsluha přítomná v Nedošínské pstruhárně zajišťovala krmení ryb, kontrolu a zapisování parametrů vody a chod celého systému. Následná přelovení a zjišťování biometrických údajů probíhalo vždy po 21 dnech a 30.1. byl tento experiment po 84 dnech ukončen.

Graf č. 3 – Teplota vody u jednotlivých experimentálních skupin v průběhu pokusu



### **3.1.1. Denní režim experimentu, zjišťování biometrických údajů, pitva a odběr krve**

Nasazené ryby byly krmeny každý den v týdnu. Od 7.11. technická obsluha ověřovala a zapisovala do připravených protokolů (viz. obr. č. 1) teplotu, pH a nasycení vody kyslíkem (%) v každé nádrži. Tyto údaje byly zjišťovány vždy ve 14:00 pomocí multimetru zn. Hach (typ HQ40d multi). Na základě zjištěných hodnot služba případně upravila teplotu topítka/chladiče, regulovala průtok vody a vzduchování a též evidovala uhynulé jedince. Ryby byly krmeny granulovanými kompletními krmnými směsmi zn. Biomar (INICIO 702 - 2 mm) dle ochoty přijímat krmivo třikrát za den. Na začátku dne byla připravena navážka krmiva - 24 g v období od 7.11. do 22.12. a 50 g v období od 23.12. do 30.1., na konci dne byl vždy zbytek krmiva zváženo a data zapsána do protokolu.

Přelovení, prováděné z důvodu zjišťování biometrických údajů – hmotnost, celková délka a standardní délka jedince, byla prováděna 21., 42., 63. a 84. den pokusu. Délky ryb byly odečítány z upravených mírek pro tyto účely (viz. obr. č. 2.) a hmotnost byla zjišťována z digitální váhy. Tyto údaje byly zaznamenávány do připravených protokolů a následně editovány do tabulek v softwaru Excel.

Během posledního přelovení a závěru pokusu - 84. den, byla u vzorku 16 ryb z každé experimentální skupiny otevřena břišní dutina a vyjmuty gonády, slezina, játra a vnitřní tuk. Tyto orgány byly zváženy, hmotnosti zapsány a poté příslušné indexy popsané níže. U vzorku 16 ryb (za každou experimentální variantu) byl proveden odběr krve. Nejprve byly připravené injekční stříkačky heparinovány, tj. propláchnuty heparinem tak, aby na vnitřních stěnách vytvořil jemný film. Na stříkačky byly nasazeny injekční jehly a z kaudální části hřbetu ryb byl odebrán vzorek krve pro zjištění hematokritové hodnoty. Následně byla krev nasáta do heparizovaných kapilárek o délce 7,5 cm, jejichž konec byl utěsněn modelovací hmotou. Kapilárky byly vloženy do hematokritové odstředivky, která vyvíjí 14 000 otáček/min a po třech minutách odstředování byly z hematokritového měřiče odečteny procenta hematokritu, a tyto data se dále zpracovávala.

### **3.1.2. Popis experimentálního recirkulačního systému**

Pro potřeby tohoto experimentu bylo zkonstruováno 5 téměř totožných recirkulačních systémů (obr. č. 3), které se lišily přítomností chladiče či topítek. V prvním systému s teplotou 7 °C byla zdrojová voda z pramenu chlazená chladičem zn. Hailea (model: HC-1000A), v druhém systému s teplotou 10 °C byla použita přímo zdrojová voda z pramenu a ve zbylých systémech pro ohřátí vody bylo využito topítko zn. XClear (model: Profiheater 2 kW).

První částí recirkulačního systému byla zásobní nádrž o objemu 300 l, ve které byla voda ochlazována/ohřívána a provzdušňována a zároveň tato nádrž sloužila jako biofiltr. Jako filtrační médium zde byly použity pohyblivé bioelementy zn. Ratz s označením BT 10. Další částí v systému byly čtyři plastové chovné nádrže kruhového typu o celkovém objemu 100 l. Na přítoku byl instalován regulační kohout k úpravě průtoku. Každá nádrž byla opatřena centrálním odtokem se systémem sedimentace na principu vortexu a odkalovací trubici. Voda z nádrží odtékala do podlouhlého žlabu o objemu cca 500 l, ve kterém byla hrubá filtrační pěna zn. Bioakvacit ppi 10. Recirkulaci zajišťovalo čerpadlo zn. Jecod-Jebao DCS 12 000 (s průtokem až 12 000 l/hod.).

### **3.2. Experiment 2 – Vliv odlišných oxických režimů na růst**

Tento experiment probíhal v období březen až květen v budově FROV JU na Husově třídě v Českých Budějovicích. Testovány byly čtyři kyslíkové režimy na alsaském sivenovi z chovu v Linbergmühle. Porovnáván byl růst na základě produkčních ukazatelů a indexů a také hematologické ukazatele. Pro provedení pokusu byly předem zkonstruovány experimentální recirkulační systémy se směšovači, které zajišťovaly obohacení vody kyslíkem, pro vyšší dosažené saturace vody kyslíkem. Kontrolní skupina byla chována v normoxii (NOR, 85 – 95 % nasycení vody kyslíkem), druhá skupina byla chována v permanentních hyperoxických podmínkách (HYP, 120 – 130 %), u třetí skupiny byly hyperoxické podmínky nastaveny jen během světelné části dne (HYP1/1) a u čtvrté skupiny docházelo ke střídání hyperoxických a normoxických podmínek (HYP±). Každá skupina byla replikována 3x. Zmíněné systémy byly napájeny z veřejné vodovodní sítě. Fyzikálně-chemické parametry vody jsou uvedeny v tab. č. 4.

Tab. č. 4 – Fyzikálně-chemické parametry vody – experiment s oxickými režimy

	skupina	HYP±	HYP	HY1/1	NOR
pH		7.03 ± 0.48	7.02 ± 0.50	7.02 ± 0.50	6.82 ± 0.42
T (°C)		13.9 ± 0.8	13.7 ± 1.0	13.7 ± 0.9	13.6 ± 0.8
O <sub>2</sub> (%)	20:00 - 8:00	95 ± 10	129 ± 12	128 ± 13	90 ± 6
	8:00 - 20:00	125 ± 8	123 ± 7	123 ± 7	94 ± 7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		111 ± 58	116 ± 56	109 ± 59	118 ± 60
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		0.89 ± 0.66	0.66 ± 0.60	1.86 ± 1.45	1.76 ± 1.55
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)		1.65 ± 1.35	1.33 ± 13.1	1.31 ± 0.99	1.18 ± 0.90
NH <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		0.002 ± 0.001	0.003 ± 0.004	0.002 ± 0.001	0.002 ± 0.001

### 3.2.1. Denní režim experimentu, zjišťování biometrických údajů, pitva a odběr krve

Pokus začal dne 21.3. 2017, kdy do každé z dvanácti nádrží bylo nasazeno 43 ryb, u nichž byly zjišťovány biometrické údaje. Průměrná hmotnost nasazovaných jedinců byla  $70,06 \pm 1,33$  g a průměrná celková délka byla  $200,25 \pm 0,38$  mm. Vždy po 21 dnech následovalo přelovení a zjišťování biometrických údajů – tedy 21., 42. a 63. den pokusu, kdy byl tento experiment ukončen. Biometrické údaje byly zjišťovány pomocí mírky a digitální váhy.

Technická obsluha zajišťovala krmení ryb granulovanými kompletními krmnými směsmi zn. Biomar (Effico Alpha 714 - 3mm) a chod systémů. Kontrolní skupina byla chována v permanentní normoxii, kde bylo nasycení vody kyslíkem na 85 – 95 %. První experimentální skupina s trvalou hyperoxií byla chována ve vodě se saturací 130 %. U druhé experimentální skupiny, u níž se střídala hyperoxie (130 %) a normoxie (85 – 95 %), obsluha vždy v 8:00 aktivací kyslíkového směšovače nastavila hyperoxické podmínky, které trvaly až do 20:00, kdy byly zahájeny opět normoxické podmínky do 8:00 následujícího dne. V případě třetí experimentální skupiny byly hyperoxické podmínky nastaveny vždy ob jeden den, tz. den hyperoxie/den normoxie. V 20:00 byl u všech skupin ukončen krmný den a bylo vypnuto osvětlení systémů. Denně byly pomocí výše zmíněného multimetru měřeny a zapisovány do protokolů základní fyzikálně-chemické parametry vody – teplota, pH, koncentrace kyslíku a každý třetí den probíhalo stanovování TAN (celkový amoniakální dusík), NO<sub>2</sub> (dusitanových aniontů) a NO<sub>3</sub>

(dusičnanových aniontů) a zápis těchto hodnot do protokolů. V 18:00 bylo z krmítek přesypáno nespotřebované krmivo do označených misek, zváženo a data zaznamenána. Při odkalení vortexů se zachytávalo nezkonsumované krmivo, které se promylo přes sítko a uložilo do označených sáčků. Všechny pytlíky byly umístěny do jednoho většího a byly zamrazeny v mrazáku.

Následně se z nezkonsumovaného krmiva stanovovala sušina. Předem byly zváženy a označeny prázdné keramické misky, do nichž byly následně vloženy zmrzlé nezkonsumované granule z jednotlivých dnů a umístěny do pece, z níž byly po cca 5 hodinách vyjmuty, umístěny po dobu vychladnutí do exsikátoru (obr. č. 4) a následně zváženy na laboratorní digitální váze. Po odečtení hmotnosti misky se sušinou a prázdné misky, byla data zaznamenána do protokolu.

Také u tohoto experimentu byl od vzorku 9 ryb odebrán vzorek krve výše popsanou metodou s následným stanovováním hematologických ukazatelů popsaných níže podle metodiky (Svobodová a kol., 2012). Z důvodu zjišťování somatických indexů, byly od vzorku 9 ryb z každé experimentální skupiny vyjmuty tyto orgány – gonády, játra, slezina a vnitřní tuk. Pro histologické vyšetření také žaberní lístky.

### **3.2.2. Popis experimentálního recirkulačního systému**

Pro tento pokus byl zkonstruován experimentální recirkulační systém (obr. č. 5). V případě experimentálních skupin s odlišnými kyslíkovými režimy byl do systému navíc instalován směšovač (obr. č. 6) v podobě vzduchovacího kamenu, který míchal kapalným kyslíkem dodávaným v 50 l lahvích. Voda byla chlazená na teplotu cca 13 °C čtyřmi chladiči zn. Hailea (model: HC-1000A).

První částí systému byla zásobní nádrž o objemu 1 400 l, která zároveň sloužila jako biofiltr. Jako filtrační médium zde byly použity pohyblivé bioelementy zn. Ratz s označením BT 10. Další částí v systému byly tři plastové chovné nádrže kruhového typu o celkovém objemu 225 l. Na přítoku byl instalován regulační kohout k úpravě průtoku. Každá nádrž byla opatřena odtokem na principu vortexu. Voda z chovných nádrží odtékala do retenční nádrže o objemu cca 935 l, ve které byla hrubá filtrační pěna zn. Bioaktivit ppi 10. Recirkulaci v systémech zajišťovalo čerpadlo zn. Jecod-Jebao DCS 12 000 (s průtokem až 12 000 l/hod.).



### 3.3. Produkční ukazatele

Na základě všech výše zmíněných získaných dat byly počítány o odvozovány následující produkční ukazatele – gonadosomatický index (GSI), hepatosomatický index (HSI), splenosomatický index (SSI), index perviscerálního tuku (IPT), specifická rychlost růstu (SGR), Fultonův koeficient (FK; koeficient kondice), koeficient heterogenity obsádky (CV; variační koeficient), krmný koeficient (FCR; koeficient konverze krmiva), přežití, celková délka (TL), délka těla (SL) a hmotnost (W).

#### **Celková délka (TL; *longitudo totalis*)**

Je definována jako vzdálenost od přední části rypce do konce nejdelšího paprsku ocasní ploutve. Udávána je v milimetrech (mm).

#### **Délka těla (SL; *longitudo corporis*)**

Je definována jako vzdálenost od přední části rypce do konce ošupení kořene ocasní ploutve. Udávána je v milimetrech (mm).

#### **Hmotnost (W)** – udávána v gramech (g)

#### **Přežití**

V případě těchto dvou experimentů tato hodnota udává, kolik procent přeživších jedinců bylo vždy při následném přelovení pozorováno. Uhynulý jedinci byly během celého pokusu vždy neprodleně odstraňovány z chovných nádrží.

Udáváné je v procentech (%).

#### **Krmný koeficient/Koeficient konverze krmiva (FCR; Food Conversion Ratio)**

Udává, jaké množství krmiva (kg) musí ryba přijmout, aby dosáhla jednotky hmotnosti – 1 kg.

$$FCR = W_{zk} / (W_t - W_0)$$

$W_{zk}$  = hmotnost spotřebovaného krmiva (kg)

$W_t$  = hmotnost biomasy ryb na konci pokusu (kg)

$W_0$  = hmotnost biomasy ryb na začátku pokusu (kg)

### **Míra heterogenity obsádky/variační koeficient (CV)**

Udává hmotnostní rozrůzněnost obsádky. Vyjadřuje rychlost růstu během jednotlivých dílčích období.

$$Cv = SD / W_{pr}$$

*SD = směrodatná odchylka*

*W<sub>pr</sub> = průměr hmotnosti ryb*

### **Fultonův koeficient/hmotnostní kondiční koeficient (FK)**

Popisuje výživný stav chovaných ryb.

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

*Wt = celková hmotnost ryby*

*TL = celková délka těla*

### **Specifická rychlost růstu (SGR)**

Popisuje kolik procent hmotnosti ryba přibyla za den během sledovaného období.

Udávaná je v procentech za den (% x den<sup>-1</sup>).

$$SGR = [(\log W_{kon} - \log W_{zač}) \times \Delta t^{-1}] \times 100$$

*log W<sub>kon</sub> = logaritmus hmotnosti ryb na konci období*

*log W<sub>zač</sub> = logaritmus hmotnosti ryb na začátku období*

*Δt = počet dní ve sledovaném období*

### **Index perviscerálního tuku (IPT)**

Popisuje kolik procent z celkové hmotnosti ryby představuje vnitrotělní tuk. Udáváný je v procentech (%).

$$\text{IPT} = (100 \times W_{\text{pt}})/W$$

*W* = celková hmotnost

*W<sub>pt</sub>* = hmotnost perviscerálního tuku

### **Splenosomatický index (SSI)**

Popisuje kolik procent z celkové hmotnosti ryby představuje slezina, jako stresový ukazatel. Udáváný je v procentech (%).

$$\text{SSI} = (100 \times W_{\text{sl}})/W$$

*W* = celková hmotnost

*W<sub>sl</sub>* = hmotnost sleziny

### **Hepatosomatický index (HSI)**

Popisuje kolik procent z celkové hmotnosti ryby představuje játra. Udáváný je v procentech (%).

$$\text{HSI} = (100 \times W_{\text{jat}})/W$$

*W* = celková hmotnost

*W<sub>jat</sub>* = hmotnost sleziny

### **Gonadosomatický index (GSI)**

Popisuje kolik procent z celkové hmotnosti ryby představují gonády. Udáváný je v procentech (%).

$$\text{GSI} = (100 \times W_{\text{gon}})/W$$

*W* = celková hmotnost

*W<sub>gon</sub>* = hmotnost sleziny

V experimentech byly stanovovány tyto hematologické ukazatele – počet erytrocytů RBC (udávané v T/l; T = 10<sup>12</sup>), počet leukocytů WBC (udávané v G/l; G = 10<sup>9</sup>), hematokritová hodnota PCV (udávané v l/l), množství hemoglobinu Hb (udávané v g/l) podle metodiky Metody hematologického vyšetření ryb (Svobodová a kol., 2014). Na základě těchto dat, pak byly počítány následující hodnoty.

### **Střední objem erytrocytu (MCV)**

Udává se ve fentolitrech (fl).

$$\text{MCV} = \text{PCV} \times 1000/\text{RBC}$$

*PCV* = hematokritová hodnota (l/l)

*RBC* = počet erytrocytů (T/l)

### **Hemoglobin erytrocytu (MCH)**

Udává se v pikogramech – 10<sup>-12</sup> (pg).

$$\text{MCH} = \text{Hb}/\text{RBC}$$

*Hb* = množství hemoglobinu (g/l)

*RBC* = počet erytrocytů (T/l)

### **Střední barevná koncentrace (MCHC)**

Udává se v l/l.

$$\text{MCHC} = \text{Hb/PCV} \times 1000$$

*Hb = množství hemoglobinu (g/l)*

*PCV = hematokritová hodnota (l/l)*

### **3.4. Použitá metoda pro zjišťování druhové příslušnosti, hybridního statusu a maternální pozice sivena alsaského**

Komparativní sekvenační analýzou části jaderného 1. intronu S7 r-protein (S7; 597 bp; nDNA) byla prokázána druhová příslušnost a hybridní status ve zdrojových vzorcích. Materiálního partnera v křížení jsme prokázali sekvenační analýzou mitochondriálního markeru cytochrom c oxidáza I (COI; 707 bp; mtDNA). Použita byla polymerázová řetězová reakce (PCR). Metoda umožňující namnožit in vitro požadovaný cílový úsek DNA pomocí specifických oligonukleotidových primerů, termostabilní polymerázy a dalších reagensů. Současně je využíváno zautomatizovaných a zoptimalizovaných třech teplotních fází opakujících se v každém cyklu. Pro sekvenační analýzu byla použita Sangerova (enzymatická) metoda, ta je založena na terminaci replikace nového řetězce podle matrice zkoumané sekvence dideoxynukleozidtrifosfátem (ddATP, ddCTP, ddGTP, ddTTP). Příslušné nukleotidy na sebe již nemohou vázat další nukleotid, protože místo OH skupiny na svém 3' uhlíku deoxyribózy mají navázán pouze samotný vodík a tím je reakce ukončena. V sekvenační PCR jsou použity jak degenerované nukleotidy, tak i běžné deoxyribonukleotidtrifosfáty (dATP, dCTP, dGTP, dTTP) v poměru 1 : 99. Tím vznikají v reakci různě dlouhé oligonukleotidy, protože degenerované nukleotidy se do řetězců zařazují s menší pravděpodobností. Každý degenerovaný nukleotid je označen jinou fluorescenční barvou. Vše probíhá v jediné reakci, kdy jednotlivé fragmenty lišící se o jeden fluorescenčně značený nukleotid postupují kapilární elektroforézou před CCD kameru, která snímá laserovým paprskem vyvolanou fluorescenci. Přídavný software následně převádí emisní maxima do čitelných elektroferogramů (viz obr. č. 7). Jedná se o potvrzovací metodu s determinačním prahem

na úrovni jednotlivých nukleotidů. Produkty PCR amplifikace spolu s negativní a pozitivní kontrolou byly odděleny v 1,7% agarózovém gelu na horizontální elektroforéze za použití SB pufru a Midori Green Advance barvení při napětí 10V/cm po dobu 50 minut. Jako velikostní standard byl použit FastGene 50bp DNA Ladder (Nippon Genetics Europe GmbH, Německo). Jednotlivé fragmenty byly vizualizovány pomocí gelového dokumentačního a analytického systému GeneGenius Match (Trigon-plus, Česká republika). Analýzy probíhaly na Ústavu biologie obratlovců Akademie věd v Brně.

### **3.5. Zpracování získaných dat a statistické vyhodnocení**

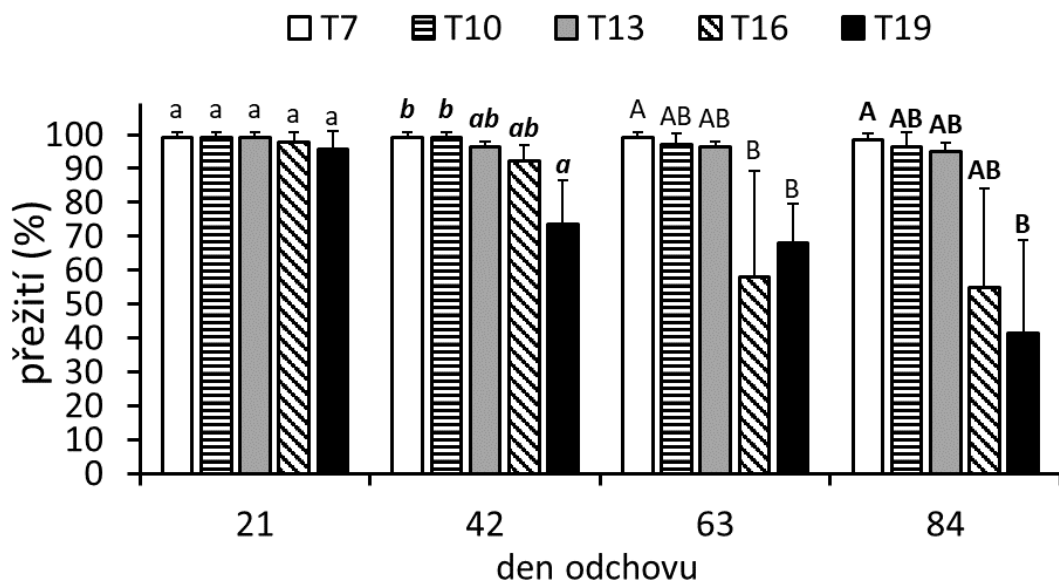
Získaná data byla editována do tabulek v softwaru Excel. Dle potřeby byly počítány střední hodnoty, směrodatné odchylky a na základě výše uvedených a popsaných vzorců produkční ukazatele a dále v tomto softwaru byly vytvořeny grafy a tabulky uvedené v této práci. K statistickému vyhodnocení výsledků byl použit software Stastica 12. Testovalo se na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ . Nejprve vždy byly otestovány předpoklady pro analýzu ANOVA, a to Cochran-Hartley-Bartlet testem. V případě kladného výsledku se pokračovalo Tukeyho HSD testem, v opačném případě se přistoupilo k otestování neparametrickým testem - Kruskal-Wallisův test. Data v grafech jsou prezentována jako průměry a směrodatné odchylky.

## 4. Výsledky

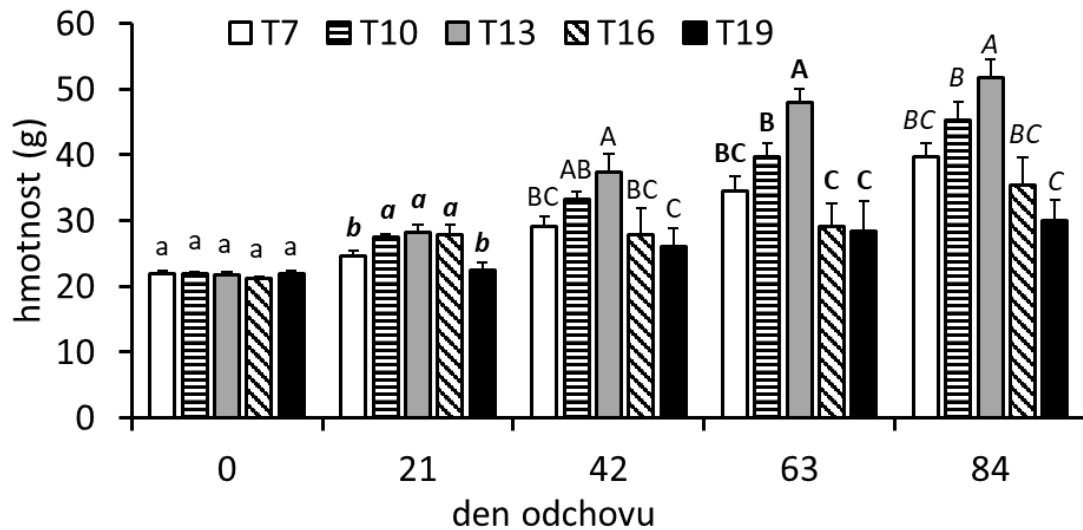
### 4.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)

Na grafu č. 4 je znázorněno průběžné přežití nasazených ryb po jednotlivých přeloveních. Po 21 dnech pokusu se mortalita v žádné testované skupině statisticky nelišila, avšak již po druhém přelovení (42. den pokusu) byla pozorována vyšší mortalita u skupin T16 a T19. Po třetím i čtvrtém přelovení se skupina T7 statisticky lišila od všech ostatních nejvyšším přežitím –  $98,6 \pm 1,7$  % (84. den). Zatímco 63. den pokusu se přežití u skupin T16 a T19 statisticky nelišilo, po ukončení pokusu (84. den) se skupina T19 statisticky lišila od všech ostatních a vykazovala nejnižší přežití  $41,4 \pm 27,4$  %. Přežití u skupin T10, T13 a T16 se statisticky nelišilo.

Graf č. 4 – Přežití obsádek u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



Graf č. 5 – Hmotnostní růst testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



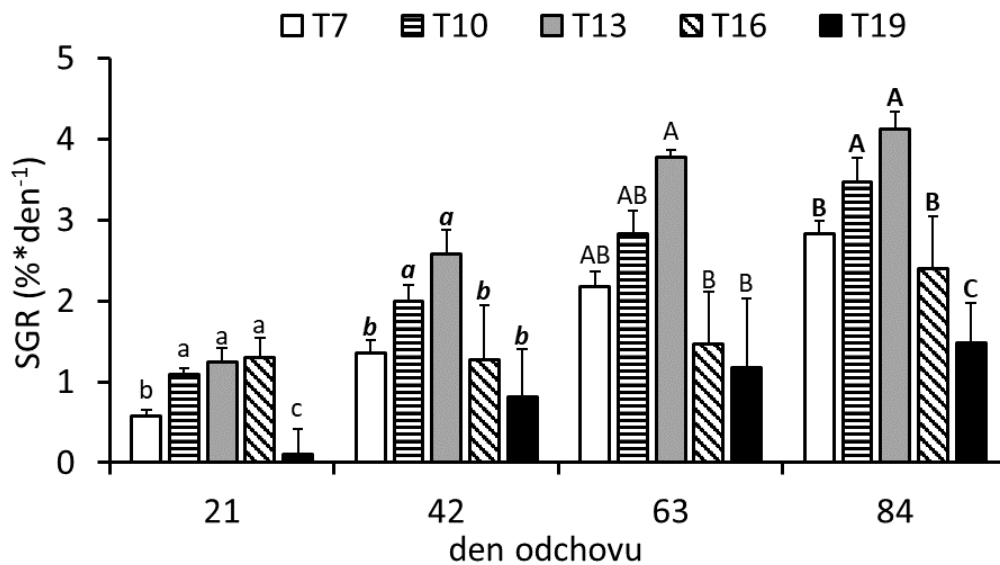
Graf č. 5 znázorňuje průběh hmotnostního růstu u jednotlivých testovaných skupin. Do nádrží byly nasazeny ryby o průměrné hmotnosti  $21,7 \pm 0,4$  g. Již po prvním přelovení (21. den) je zřejmý vyšší hmotnostní růst u skupin T10, T13 a T16, které se navzájem statisticky neliší a nižší růst u skupin T7 a T19, které se statisticky navzájem neliší, ale liší se od uvedených skupin s prokazatelně vyšším hmotnostním růstem. Po druhém přelovení je pozorován nejvyšší hmotnostní růst u skupiny T13 a nejnižší hmotnostní růst u skupiny T19. I po 63 dnech pokusu pokračuje trend nejvyššího a nejnižšího hmotnostního růstu u skupin T13 a T19. Skupiny T16 a T19 se po třetím přelovení navzájem statisticky nelišily, avšak po ukončení experimentu je u skupiny T19 prokazatelně nejnižší hmotnostní růst –  $30 \pm 3,1$  g. Po posledním přelovení se skupiny T7 a T16 statisticky neliší a nejvyšší hmotnostní růst byl zaznamenán u skupiny T13 –  $51,8 \pm 2,7$  g.

Níže uvedený graf č. 6 znázorňuje specifickou rychlost růstu testovaných skupin. Po prvním přelovení byla nejvyšší SGR u skupin T10, T13 a T16, které se navzájem statisticky nelišily a nejnižší SGR byla u skupiny T19. Již od druhého přelovení je pozorován nejvyšší SGR u skupin T10 a T13, které se navzájem statisticky nelišily, a to i po ukončení experimentu (84. den) – T10 –  $3,47 \pm 0,30 \% \times \text{den}^{-1}$ ; T13 –  $4,12 \pm 0,21 \% \times \text{den}^{-1}$ . Nejnižší SGR byla zaznamenána u skupin T16 a T19, které se statisticky nelišily

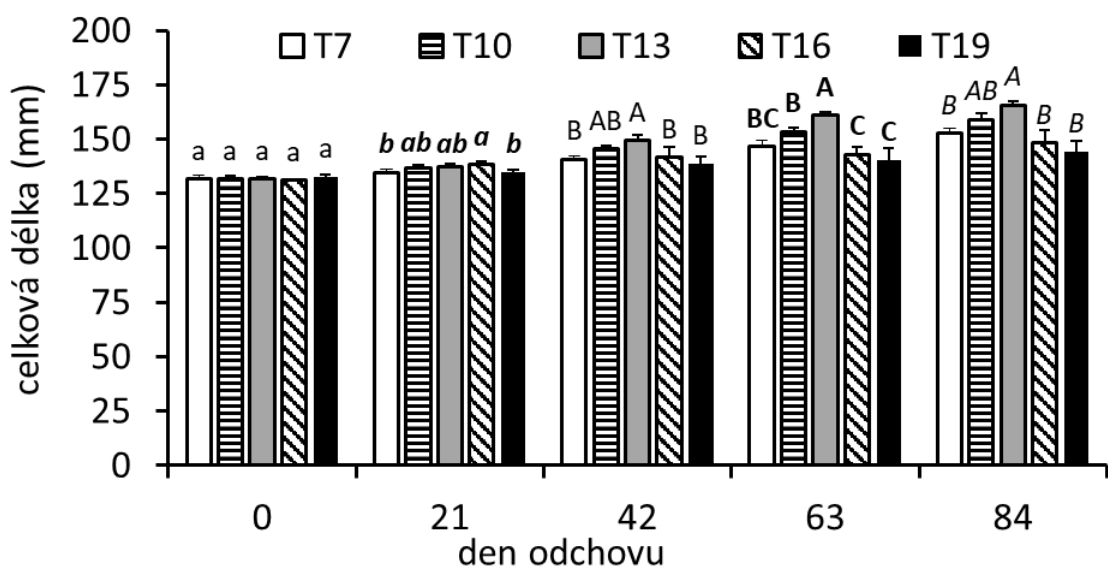


ani po druhém a třetím přelovení, avšak po ukončení experimentu byla nejnižší SGR u skupiny T19 –  $1,47 \pm 0,50 \% \times \text{den}^{-1}$  a skupina T16 se statisticky nelišila od skupiny T7.

Graf č. 6 – *Specifická rychlost růst (SGR) testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

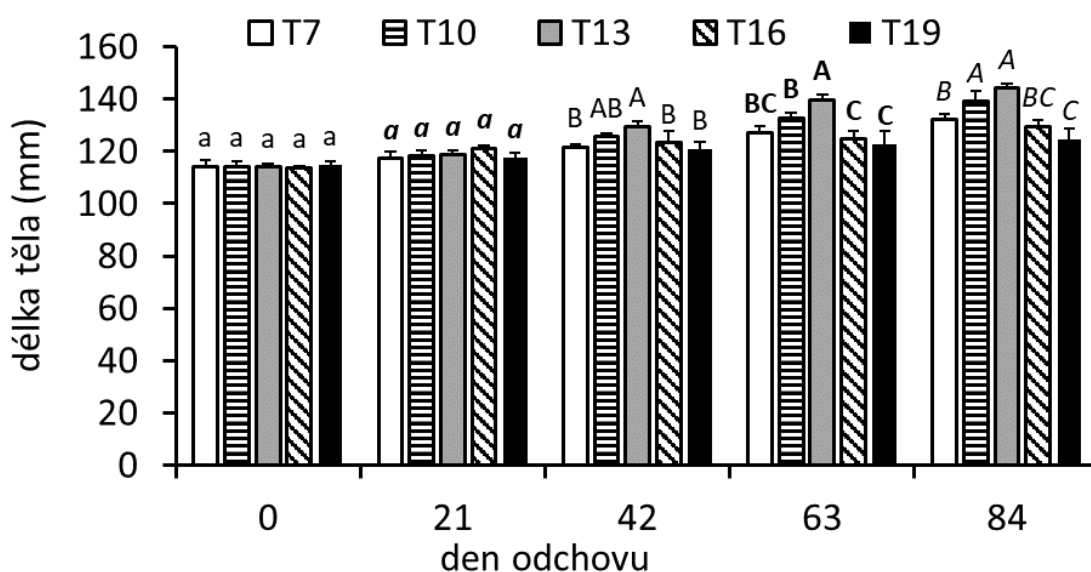


Graf č. 7 – *Celková délka ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*



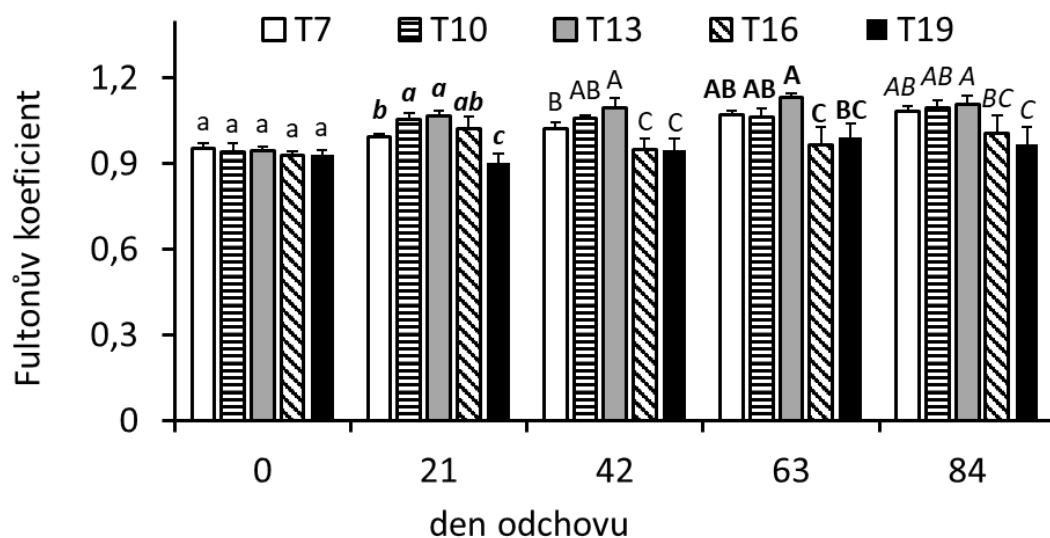
Do nádrží byly nasazeny ryby s průměrnou celkovou délkou  $132 \pm 1$  mm. Z grafu č. 7 je již po druhém a třetím přelovení zřejmý vyšší délkový růst u skupin T10 a T13. Po ukončení experimentu byl zaznamenán nejvyšší délkový růst u skupiny T13 –  $166 \pm 2$  mm, tato skupina se statisticky lišila od ostatních kromě skupiny T10. Nejnižší délkový růst byl pozorován u skupiny T19 –  $144 \pm 5$  mm, které se statisticky nelišila se skupinami T7, T10 a T16.

Graf č. 8 – Délka těla ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



Do nádrží byly nasazeny ryby s průměrnou délkou těla  $114 \pm 1$  mm. Z grafu č. 8 je již po druhém a třetím přelovení zřejmý vyšší délkový růst u skupin T10 a T13. Po ukončení experimentu byl zaznamenán nejvyšší délkový růst u skupiny T10 –  $139 \pm 4$  mm a T13 –  $144 \pm 1$  mm, tyto skupiny se statisticky lišily ostatních. Nejnižší délkový růst byl pozorován u skupiny T19 –  $124 \pm 4$  mm, která se statisticky lišila od skupiny T7, T10, a T13.

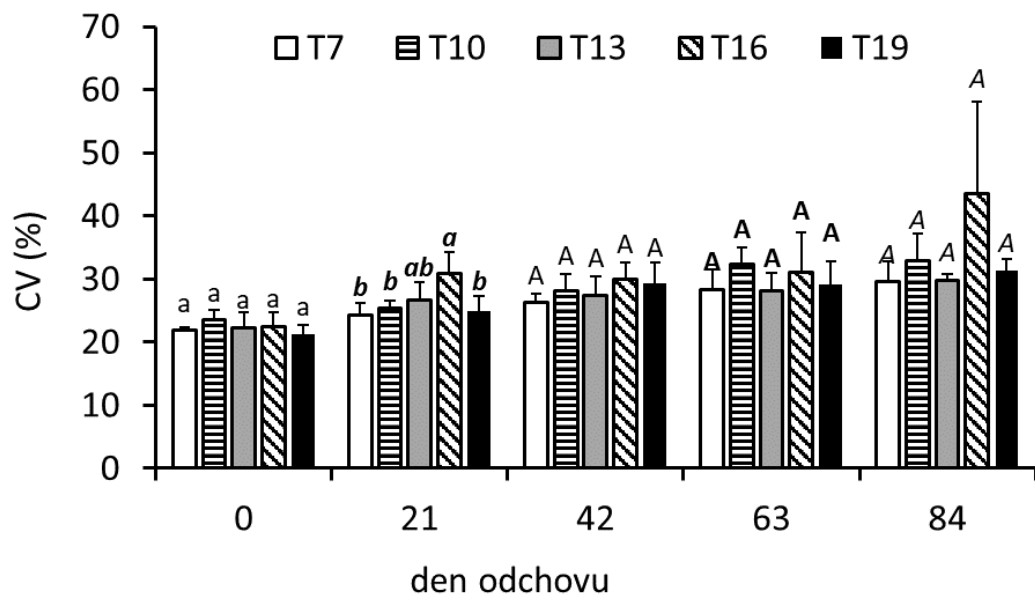
Graf č. 9 – Fultonův koeficient (výživný stav obsádek) u testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



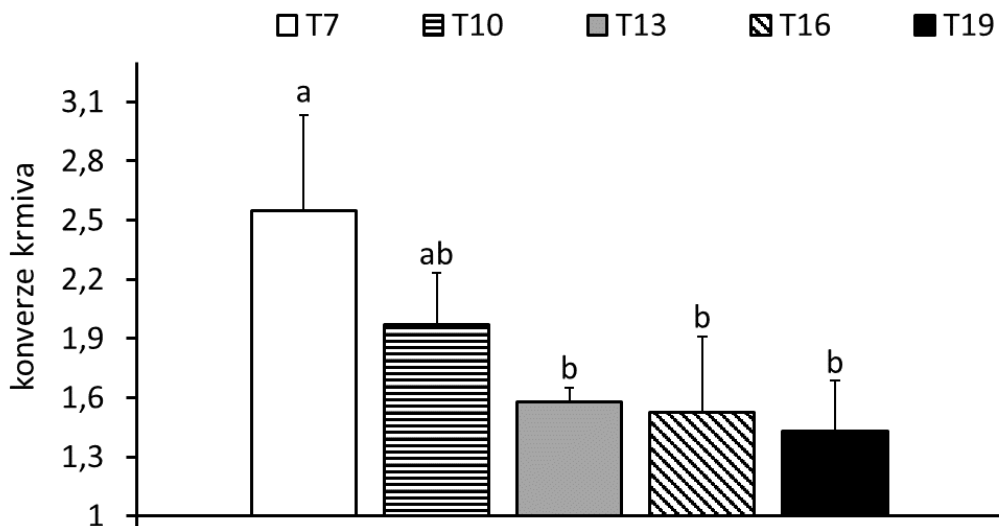
Graf č. 9 znázorňuje vývoj kondičního koeficientu u jednotlivých skupin. Již od druhého přelovení je u skupin T7, T10 a T13 zřejmý vyšší koeficient kondice. Po ukončení experimentu byl nejvyšší výživný stav zaznamenán u skupiny T13 –  $1,11 \pm 0,03$ , která se statisticky nelišila od skupin T7 a T10. Nejnižší koeficient kondice byl vypočten u skupiny T19 -  $0,97 \pm 0,06$ .

Na grafu č. 10 (uvedený níže) je znázorněna hmotnostní rozrůzněnost obsádek v průběhu pokusu. Od prvního přelovení až do ukončení pokusu skupina T16 vykazovala nejvyšší heterogenitu. Variační koeficient byl po ukončení experimentu u skupina T16 –  $43,5 \pm 14,5$ . Nejnižší koeficient byl vypočten u skupin T7 –  $29,5 \pm 3,3$ . Však od druhém přelovení se heterogenita obsádek statisticky nelišila.

Graf č. 10 – Míra heterogenity obsádek (CV) u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského

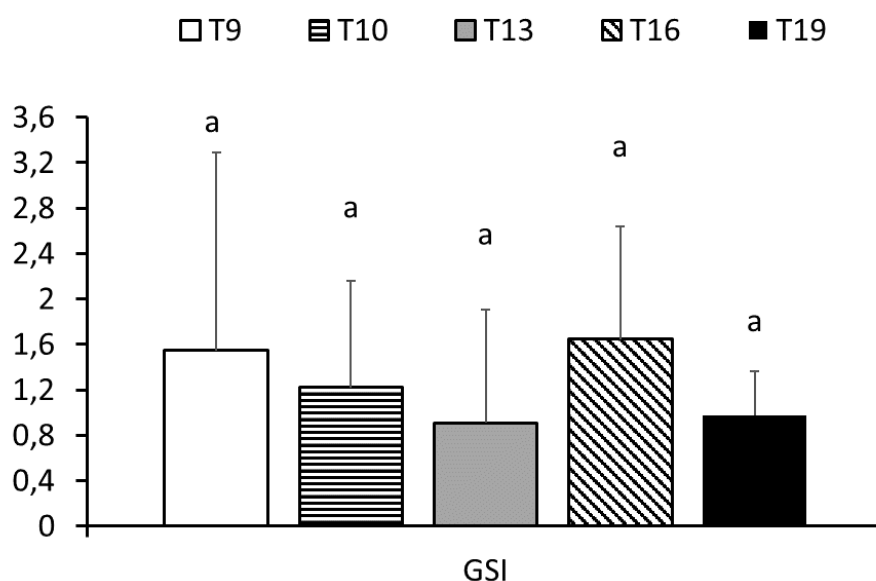


Graf č. 11 – Krmný koeficient (FCR) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



Po ukončení experimentu byla zhodnocena konverze krmiva u jednotlivých skupin, která je zřejmá z grafu č. 11, uvedeného na předchozí stránce. Nejvyšší krmený koeficient  $2,5 \pm 0,5$  a tedy nejméně efektivní konverze krmiva byla pozorována u skupiny T7, která se statisticky nelišila od skupiny T10. Nejefektivnější využití krmiva bylo pozorováno u skupin T13 –  $1,6 \pm 0,1$ ; T16 –  $1,5 \pm 0,4$  a T19  $1,4 \pm 0,3$ .

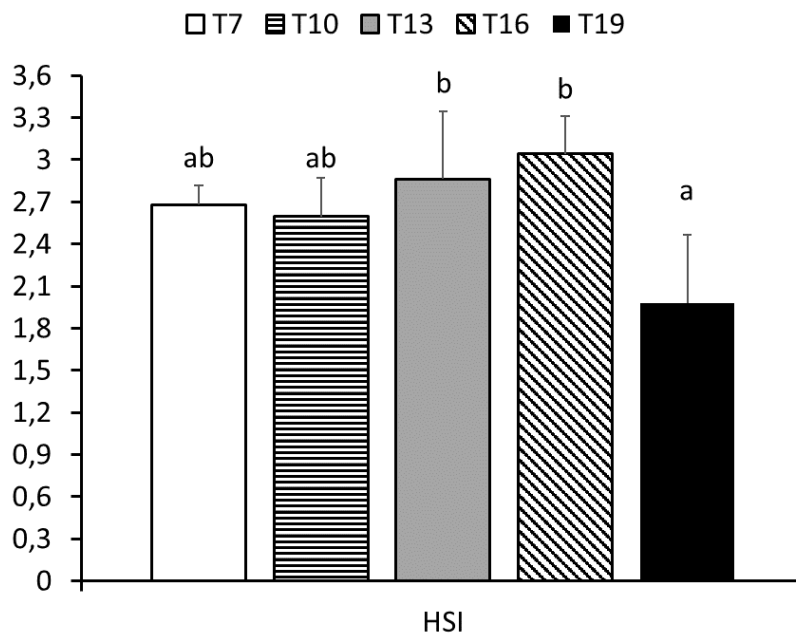
*Graf č. 12 – Gonadosomatický index (GSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*



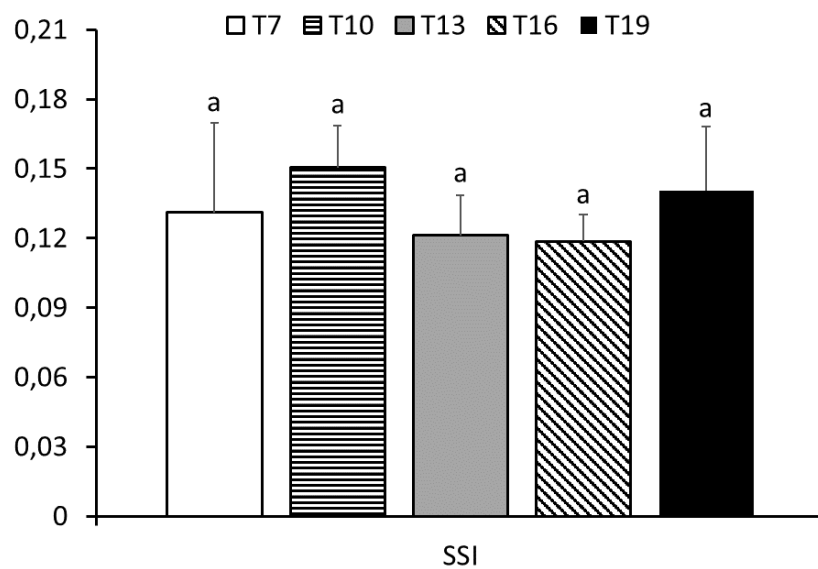
V grafu č. 12 je znázorněn gonadosomatický index. Testované skupiny se vzájemně statisticky nelišily.

V níže uvedeném grafu č. 13 je graficky znázorněn hepatosomatický index. Nejvyšší podíl hmotnosti jater na hmotnosti jedince byl pozorován u vzorku ryb ze skupin T13 –  $2,86 \pm 0,48$  a T16 –  $3,04 \pm 0,27$ , které se vzájemně statisticky nelišily. Nejnižší podíl hmotnosti jater na hmotnosti jedince byl u skupiny T19 –  $1,98 \pm 0,48$ .

Graf č. 13 – Hepatosomatický index (HSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského

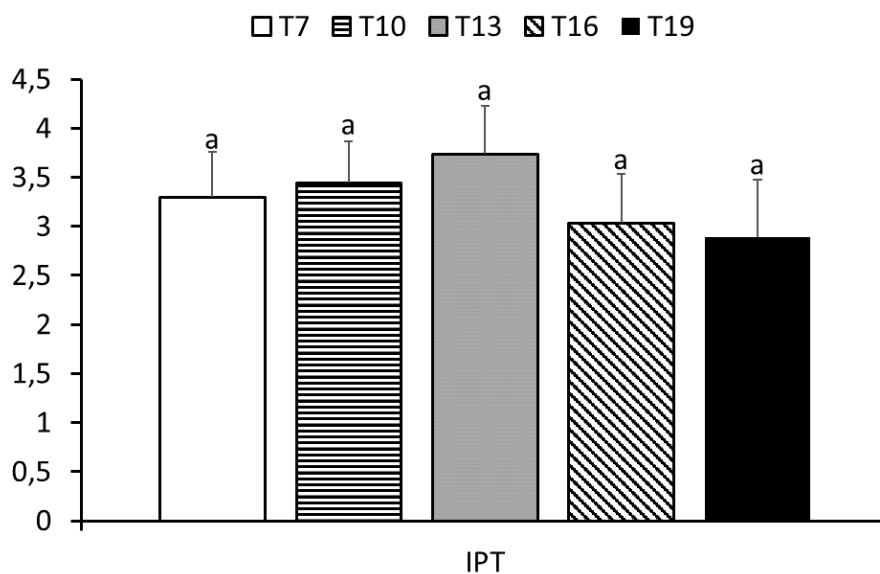


Graf č. 14 – Splenosomatický index (SSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského



Podíl hmotnosti sleziny na celkové hmotnosti jedince je vyjádřen splenosomatickým indexem v grafu č. 14 uvedeném výše. Testované skupiny se vzájemně statisticky nelišily.

Graf č. 15 – Index perviscerálního tuku (IPT) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského

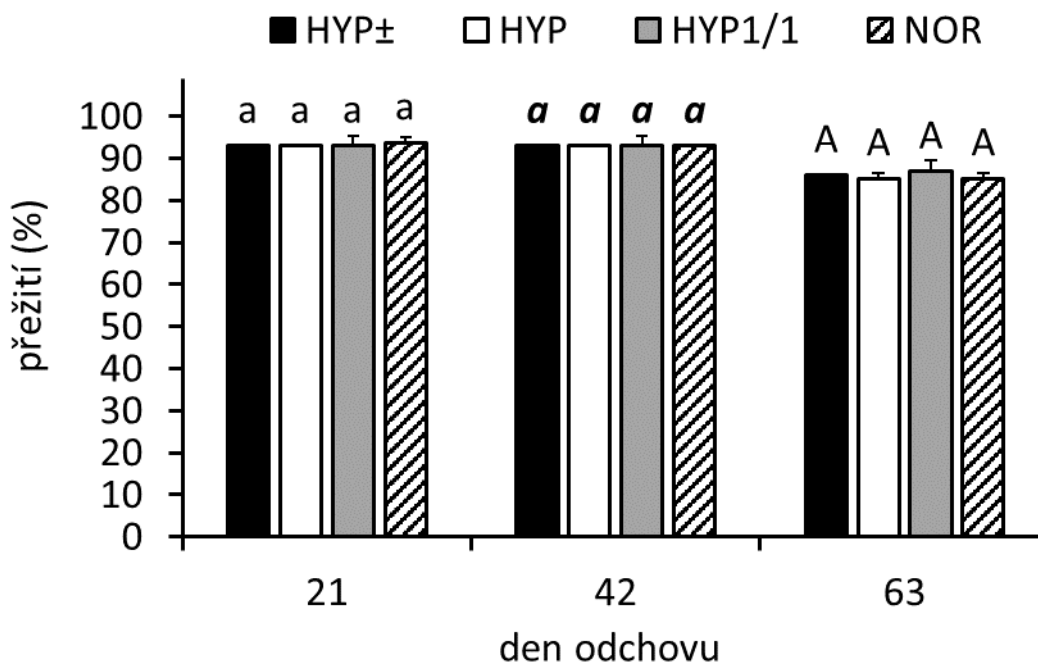


Na graf č. 15 je vynesena index perviscerálního tuku. Testované skupiny se navzájem statisticky nelišily.

Hematokritová hodnota byla  $0.44 \pm 0.06$ ,  $0.43 \pm 0.07$ ,  $0.42 \pm 0.05$ ,  $0.41 \pm 0.06$  a  $0.45 \pm 0.06$  l/l pro skupiny T7, T10, T13, T16 a T19, respektive. Nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly mezi skupinami.

#### 4.2. Experiment 2 – Vliv různých oxických režimů na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)

Graf č. 16 – Přežití obsádek u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



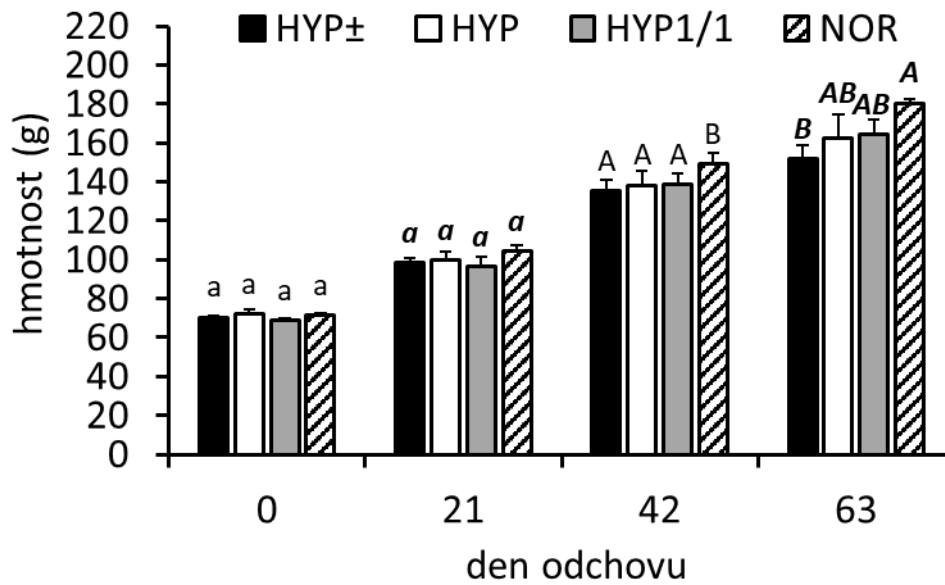
V grafu č. 16 je znázorněno průběžné přežití nasazených ryb po jednotlivých přeloveních. Procento přežití jedinců se ani po jednom přelovení statisticky nelišilo. Po ukončení pokusu bylo průměrné přežití testovaných skupin  $85,9 \pm 1,4$  %.

Níže uvedený graf č. 17 znázorňuje průběh hmotnostního růstu u jednotlivých testovaných skupin. Do experimentálního systému byly nasazeny ryby o průměrné hmotnosti  $70,1 \pm 1,3$  g. Po prvním přelovení (21. den) se hmotnostní růst u skupin navzájem statisticky nelišil. Vyšší hmotnostní růst byl zaznamenán u skupiny NOR po druhém přelovení (42. den) –  $149,0 \pm 6,0$  g, tato skupina se statisticky lišila od ostatních. Skupiny HYP±, HYP a HYP1/1 se navzájem statisticky nelišily. Po ukončení experimentu byl pozorován nejvyšší hmotnostní růst u skupiny NOR –  $180,4 \pm 2,3$  g, tato skupina se statisticky nelišila od skupin HYP a HYP1/1, u nichž nebyl také zaznamenán

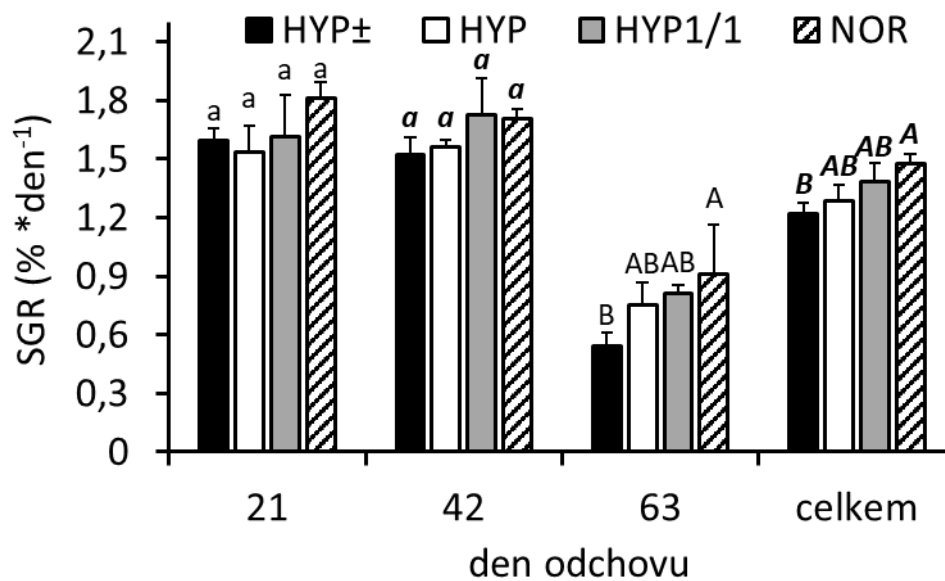


statistický rozdíl se skupinou s nejnižším hmotnostním růstem HYP± -  $151,7 \pm 6,8$  g.

Graf č. 17 – Hmotnostní růst testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského

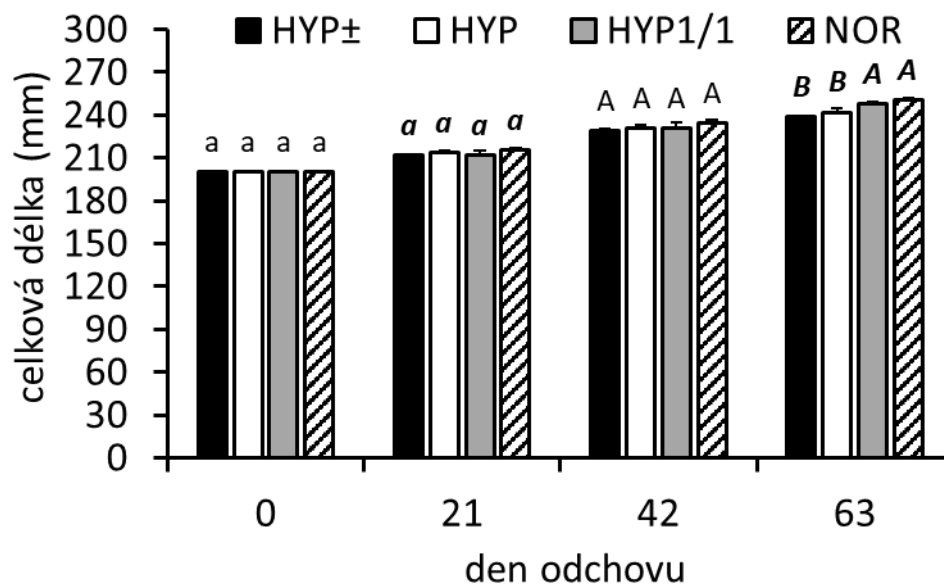


Graf č. 18 – Specifická rychlost růstu (SGR) v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



Graf č. 18 znázorňuje specifickou rychlost růstu testovaných skupin. Po prvním ani po druhém přelovení se SGR jednotlivých skupin statisticky nelišila. Po prvním přelovení byla vyšší SGR vypočítána u skupiny NOR -  $1,81 \pm 0,08 \% \times \text{den}^{-1}$ . Nejvyšší SGR byla po třetím přelovení, tedy po ukončení experimentu, zaznamenána u skupiny NOR -  $0,91 \pm 0,25 \% \times \text{den}^{-1}$ , tato skupina se statisticky nelišila od skupiny HYP a HYP1/1, které se zase nelišily od skupiny HYP± s nejnižším SGR -  $0,55 \pm 0,07 \% \times \text{den}^{-1}$ . Statistický rozdíl byl i u celkové SGR, kdy u skupiny NOR byla zaznamenána nejvyšší SGR -  $1,48 \pm 0,05\% \times \text{den}^{-1}$  a u skupiny HYP± nejnižší SGR -  $1,22 \pm 0,06 \% \times \text{den}^{-1}$ .

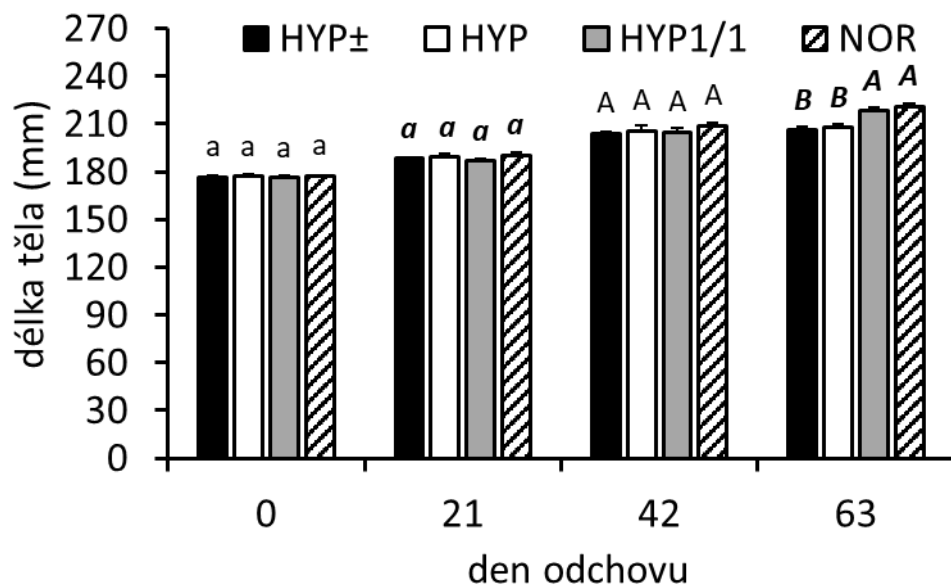
Graf č. 19 – Celková délka ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



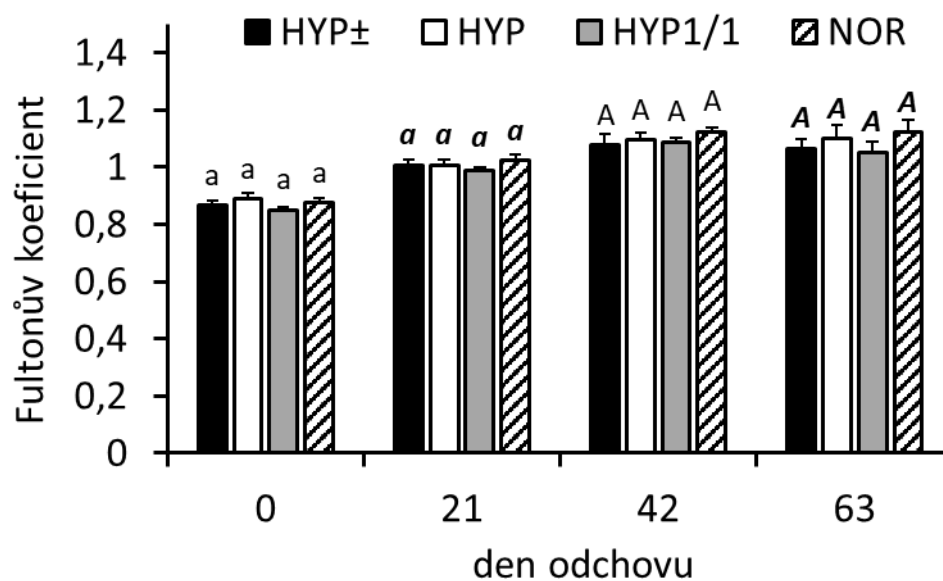
Do nádrží byly nasazeny ryby s průměrnou celkovou délkou  $200,3 \pm 0,4$  mm. Z grafu č. 19 je zřejmé, že ani po druhém přelovení nebyl pozorovaný statisticky významný rozdíl v délkovém růstu u jednotlivých skupin. Po ukončení experimentu se statisticky lišily skupina HYP1/1 a NOR od skupin HYP± a HYP. Nejvyšší délkový růst byl pozorován u skupiny NOR -  $250,3 \pm 1,6$  mm a naopak nejnižší délkový růst u skupiny HYP± -  $238,6 \pm 1$  mm.

Na níže uvedeném grafu č. 20 je znázorněna délka těla ryb během experimentu. Do nádrží byly nasazeny ryby s průměrnou délkou těla  $176,9 \pm 0,8$  mm. Podobně jako u předcházejícího grafu byl statistický rozdíl pozorován až po ukončení experimentu. Skupiny NOR a HYP1/1 se lišily od skupin HYP± a HYP. Největší délka těla byla pozorována u skupiny NOR –  $221,1 \pm 1,9$  mm a nejmenší u skupiny HYP± –  $205,9 \pm 2,3$  mm.

Graf č. 20 – Délka těla ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



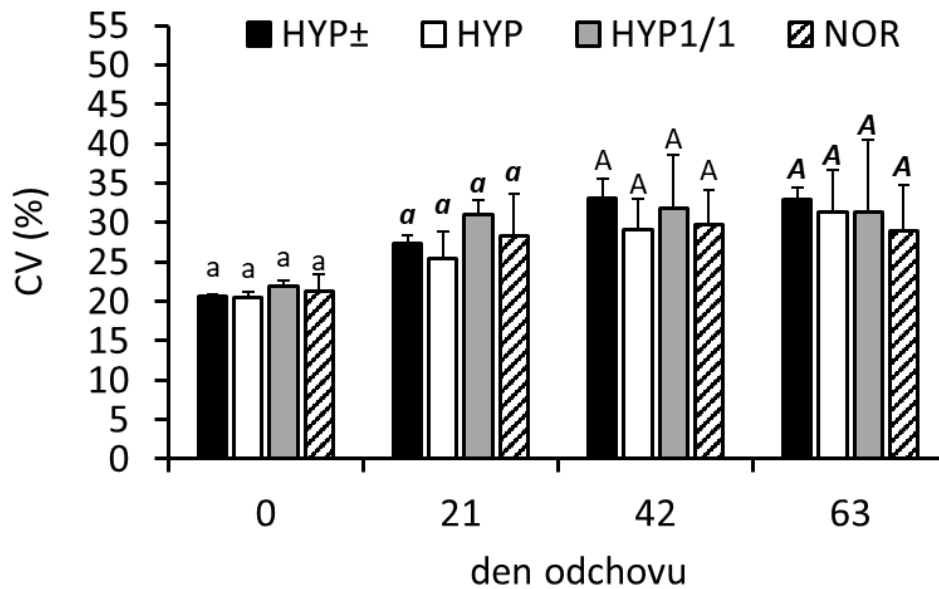
Graf č. 21 – Fultonův koeficient (výživný stav obsádek) u testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



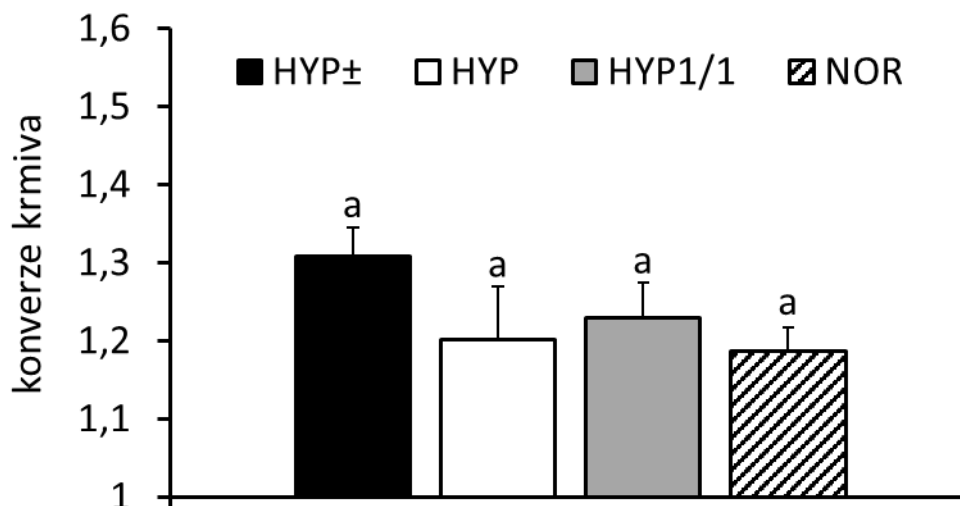
Graf č. 21 znázorňuje vývoj kondičního koeficientu u jednotlivých skupin. Koeficient kondice se ani po ukončení experimentu u jednotlivých skupin statisticky nelišil.

Na níže uvedeném grafu č. 22 je znázorněna míra heterogenity obsádky. Hodnoty se mezi testovanými skupinami statisticky nelišily.

Graf č. 22 – Míra heterogenity obsádek (CV) u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského

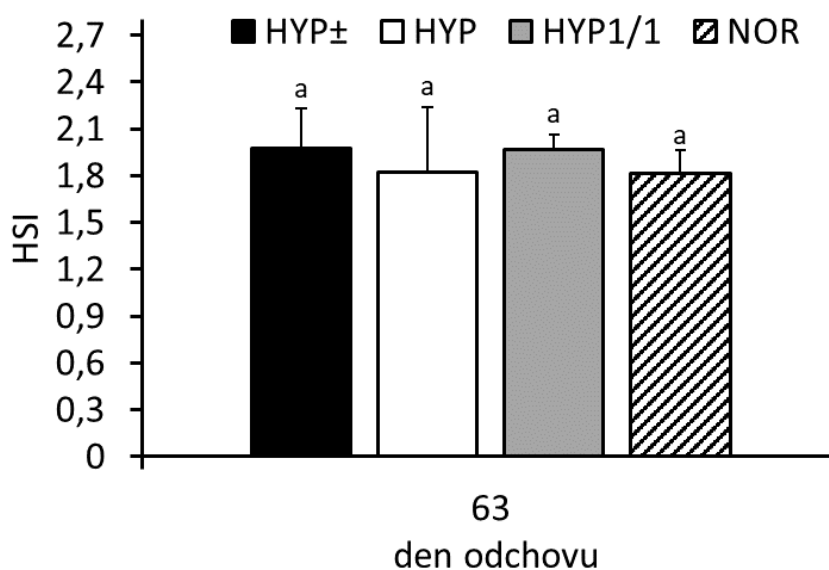


Graf č. 23 – Krmný koeficient (FCR) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



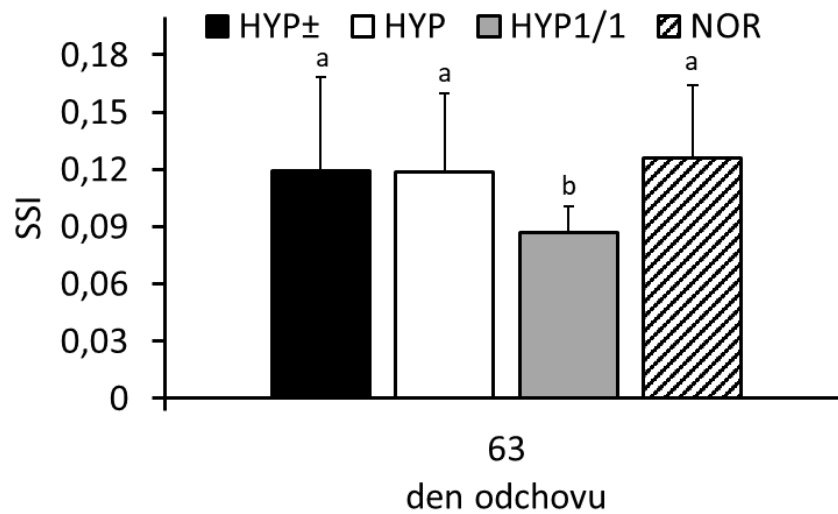
V grafu č. 23 je zhodnocena konverze krmiva u jednotlivých skupin, která byla na vypočítána na základě získaných dat. Nejvyšší krmný koeficient  $1,31 \pm 0,04$  a tedy nejméně efektivní konverze krmiva byla pozorována u skupiny HYP±. Nejeftivnější využití krmiva bylo pozorováno u skupiny NOR –  $1,19 \pm 0,03$ . Jednotlivé skupiny se vzájemně statisticky nelišily.

Graf č. 24 – Hepatosomatický index (HSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



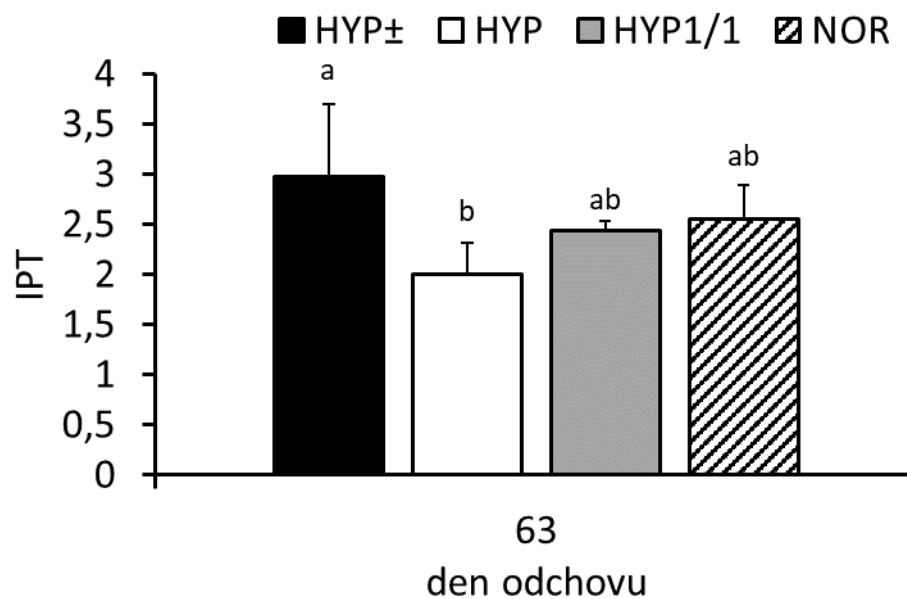
V grafu č. 24 je znázorněn hepatosomatický index. Statistický rozdíl mezi jednotlivými skupinami nebyl pozorován. Nejvyšší podíl hmotnosti jater ku hmotnosti jedince byl zaznamenán u skupiny HYP± -  $2,0 \pm 0,3$  a HYP1/1 –  $2,0 \pm 0,1$  a nejnižší u skupiny HYP –  $1,8 \pm 0,4$  a NOR –  $1,8 \pm 0,4$ .

Graf č. 25 – Splenosomatický index (SSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



Splenosomatický index v grafu č. 25 vyjadřuje podíl hmotnosti sleziny na celkové hmotnosti jedince. Nejvyšší index byl vypočten u skupiny NOR –  $0,13 \pm 0,04$  a nejnižší u skupiny HYP1/1 –  $0,09 \pm 0,01$ . Skupina HYP1/1 se statisticky lišila od ostatních.

Graf č. 26 – Index perviscerálního tuku (IPT) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského



V grafu č. 26 je znázorněn index perviscerálního tuku a jeho statistický rozdíl u jednotlivých testovaných skupin. Nejvyšší podíl hmotnosti perviscerálního tuku byl vypočten u skupiny HYP± -  $3,0 \pm 0,7$  a nejnižší u skupiny HYP -  $2,0 \pm 0,3$ .

*Tab. č. 5 – Hematologické ukazatele z experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

	RBC	WBC	PCV	Hb	MCV	MCH	MCHC
	(T/l)	(G/l)	(l/l)	(g/l)	(fl)	(pg)	(l/l)
počáteční	$0.89 \pm 0.15$	$6.9 \pm 3.4$	$0.51 \pm 0.13$	$92.4 \pm 12.2$	$587 \pm 154$	$105.3 \pm 16.3$	$0.19 \pm 0.04$
HYP±	$0.97 \pm 0.09$	$29.8 \pm 13.7$	$0.48 \pm 0.06$	$83.4 \pm 9.0$	$499 \pm 48$	$86.3 \pm 9.5$	$0.17 \pm 0.01$
HYP	$0.87 \pm 0.16$	$20.6 \pm 10.2$	$0.48 \pm 0.03$	$82.3 \pm 6.4$	$567 \pm 93$	$96.8 \pm 14.5$	$0.17 \pm 0.01$
HY1/1	$0.84 \pm 0.17$	$15.8 \pm 6.2$	$0.46 \pm 0.05$	$79.5 \pm 8.9$	$561 \pm 127$	$98.7 \pm 26.6$	$0.18 \pm 0.01$
NOR	$0.83 \pm 0.11$	$11.0 \pm 5.3$	$0.44 \pm 0.04$	$83.6 \pm 6.3$	$530 \pm 65$	$102 \pm 13.3$	$0.19 \pm 0.01$

Hodnoty hematologických ukazatelů se mezi testovanými skupinami statisticky nelišily.



## 5. Diskuze

Práce se skládá ze dvou experimentů provedených na hybridovi sivena amerického a sivena arktického, tzv. sivenu alsaském. První experiment testoval možný vliv pěti teplotních režimů (T7, T10, T13, T16, T19 – 7, 10, 13, 16, 19 °C) na růst, produkční ukazatele tohoto hybrida a druhý experiment byl zaměřen na čtyři oxické režimy (permanentní hyperoxie, střídání hyperoxie a normoxie, hyperoxie během světlé části dne a normoxie) a jejich vliv na růst a produkční ukazatele. V případě sivena alsaského nebyly podobné experimenty zatím v literatuře publikovány. U některých ostatních druhů již teplotní a oxické režimy testovány byly, např. losos obecný, pstruh duhový, pstruh žlutohrdlý, siven americký, siven arktický či mořský okoun atd.

### 5.1. Experiment 1 – Vliv teploty vody na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)

Přežití obsádek se po ukončení experimentu mezi testovanými skupinami signifikantně lišilo. Nejvyšší přežití vykazovala skupina T7 -  $98,6 \pm 1,7$  % a nejnižší skupina T19 –  $41,4 \pm 27,4$  %. Zbylé skupiny se statisticky nelišily od zmíněných. Významně vyšší mortalitu pozoroval McCormick a kol. (1972) u sivena amerického při teplotě kolem  $17,9$  °C v porovnání s teplotami kolem  $12,4$  °C. Selong a kol. (2001) zaznamenali průměrné přežití 98 % u sivena velkohlavého chovaného při teplotách do 18 °C (8, 10, 12, 14, 16 a 18°C) a 0 % přežití u ryb chovaných při teplotách nad 22 °C (22, 24, 26 a 28 °C).

Hmotnostní růst mezi testovanými skupinami se statisticky lišil. Největší hmotnostní růst byl zaznamenán u skupiny T13, průměrná hmotnost ryb při nasazení činila  $21,8 \pm 0,5$  g a po ukončení experimentu  $51,8 \pm 2,7$  g. Tato skupina se statisticky lišila od všech ostatních. Nejmenší hmotnostní růst byl u skupiny T19, průměrná hmotnost při nasazení byla  $21,9 \pm 0,4$  g a po ukončení experimentu činila  $30 \pm 3$  g, tato skupina se statisticky lišila od skupiny T10 a T13. V experimentu se sivenem velkohlavým bylo dosaženo největšího růstu při teplotě kolem  $13,2$  °C, při teplotách vyšších jak  $16$  °C byl prokázán signifikantní rozdíl v růstu (Selong a kol., 2001). Maximální růst byl u sivena amerického dosažen při teplotách  $12,4$  –  $15,4$  °C a naopak minimální při teplotě  $7,1$  °C a  $19,5$  °C. (McCormick a kol., 1972). Larrison a Berglund (1998) zaznamenali největší hmotnostní růst u sivena arktického při teplotách  $13$  a  $16$  °C

a nejnižší při teplotě 5 °C u ryb krmených peletami i u ryb krmených korýšem *Neomysis integer*. Obecně byl hmotnostní růst vyšší u ryb krmených peletami.

Nejvyšší specifická rychlost růstu byla zaznamenána u skupin T13 a T10, které se navzájem statisticky nelišily, jejich průměrná hodnota činila  $3,80 \pm 0,26 \% \times \text{den}^{-1}$ . Nejnižší hodnotu vykazovala skupina T19  $1,47 \pm 0,50 \% \times \text{den}^{-1}$ . Skupiny T7 a T16 se statisticky lišily od všech ostatních skupin. Larrison a Berglund (1998) dosáhli nejvyšší hodnoty specifické rychlosti růstu  $3,3 \pm 0,6 \% \times \text{den}^{-1}$  u ryb chovaných při teplotě 16 °C a krmených korýšem *Neomysis integer* a u ryb krmených peletami při teplotě 16 °C  $2,9 \pm 0,3 \% \times \text{den}^{-1}$ . Nejnižší hodnota specifické rychlosti růstu byla zaznamenána u obou skupin při teplotě 5 °C. McCormick a kol. (1972) neprokázali signifikantní rozdíl ve specifické rychlosti růstu, ale zmiňují rychlejší růst při teplotě 15,4 °C ( $4,54 \% \times \text{den}^{-1}$ ) a 12,4 °C ( $4,5 \% \times \text{den}^{-1}$ ) u sivena amerického. Nejnižší hodnoty specifická rychlost růstu nabývala při teplotě 7,1 °C ( $2,4 \% \times \text{den}^{-1}$ ). Hokanson a kol. (1977) uvádějí nejvyšší rychlost růstu u pstruha duhového  $5,12 \% \times \text{den}^{-1}$  při konstantní teplotě 17 °C a  $5,24 \% \times \text{den}^{-1}$  při fluktuující teplotě kolem 17 °C ( $\pm 3,8$  °C).

Mezi testovanými skupinami T13, T16, T19 nebyl statistický rozdíl v krmných koeficientech a jeho průměrná hodnota činila  $1,5 \pm 0,3$ . Skupina T10 se statisticky nelišila od zmíněných skupin a ani od skupiny T7 s nejvyšší hodnotou krmného koeficientu  $2,5 \pm 0,5$ . Tato vysoká hodnota může být zapříčiněná lidským faktorem. Ryby chované při nižších teplotách obecně vykazují nižší zájem o předkládané krmivo (Pennell, Barton, 1996).

Nejnižší hodnota Fultonova koeficientu byla zaznamenána u skupiny T19 a po ukončení experimentu činila  $0,97 \pm 0,06$ , tato skupina se statisticky lišila od všech ostatních. Naopak vyšší hodnotu vykazovaly skupiny T7, T10 a T13, jejichž průměrný Fultonův koeficient byl  $1,09 \pm 0,03$ . Skupina T16 se statisticky nelišila od ostatních skupin.

U variačního koeficientu neboli míry heterogenity obsádky nebyl na konci experimentu nalezen statistický rozdíl mezi testovanými skupinami. Po prvním přelovení (21. den experimentu) byl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi skupinami T13, T16 s průměrem  $28,8 \pm 3,1$  a skupinami T7, T10, T19.

Po ukončení experimentu se celková délka skupiny T13 lišila se skupinami T7, T16, T19 a dosahovala hodnoty  $166 \pm 2$  mm. U skupiny T19 byla celková délka  $124 \pm 4$

mm. Skupiny T10 a T13 se navzájem statisticky nelišily v hodnotě délky těla, průměr na konci experimentu činil  $142 \pm 3$  mm, ale lišily se od zbylých skupin. Skupina T19 se statisticky nelišila od skupiny T16 a jejich průměrná délka těla byla  $127 \pm 3$  mm.

Hodnoty gonadosomatického, splenosomatického indexu a indexu periviscerálního tuku nevykazovaly mezi skupinami statistické rozdíly. U hepatosomatického indexu nejvyšší hodnotu vykazovaly skupiny T13 a T16 s průměrem  $2,96 \pm 0,38$  a nejnižší hodnotu skupina T19 –  $1,98 \pm 0,48$ .

## **5.2. Experiment 2 – Vliv různých oxických režimů na růst hybrida sivena amerického a sivena arktického (sivena alsaského)**

Přežití obsádek v průběhu tohoto experimentu pozvolna klesalo, po prvním přelovení (21. den experimentu) bylo průměrné přežití  $93,2 \pm 0,9$  % a po ukončení experimentu dosahovalo průměrné přežití  $85,9 \pm 1,4$  %. Mezi testovanými skupinami nebyl prokázán statistický rozdíl. Na přežití ryb neměl vliv ani jeden z testovaných oxických režimů. Edsal a Smith (1990) v experimentu se pstruhem duhovým a žlutohrdlým, který byl zaměřeném na oxické režimy v odchovu těchto druhů, také nepozorovali vliv na přežití a mortalitu. Barnes a Carter (2011) prokázali vyšší toleranci a schopnost regulovat metabolickou aktivitu u tasámské populace lososa obecné k hypoxickým podmínkám (35 – 50 %).

Největší hmotnostní růst byl zaznamenán u trvalé normoxie, kdy průměrná hmotnost při vysazení ryb činila  $71,2 \pm 1,2$  g a na konci experimentu byla průměrná hmotnost ryby  $180,4 \pm 2,3$  g. Naopak u testované skupiny se střídáním hyperoxie a normoxie byl zaznamenán nejnižší hmotnostní růst, průměrná hmotnost při nasazení činila  $70,4 \pm 0,6$  g a na konci experimentu  $151,7 \pm 6,8$  g. Mezi skupinami byl pozorován statistický rozdíl, avšak trvalá hyperoxie, jejíž pozitivní vliv na růst zmiňují jiní autoři, a trvalá normoxie se statisticky nelišily. Pozitivní vliv hyperoxie byl zaznamenán např. u tresky obecné (Remen a kol., 2008) či u lososa obecného (Hosfeld a kol., 2008). Signifikantní rozdíl v růstu nepozorovali ani Caldwell a Hinshaw (1994) u pstruha duhového vystaveného hypoxii, normoxii a hyperoxii. Pichavant a kol. (2000) uvádí pomalejší růst u pakambaly velké chované v hypoxii. V experimentu s mořským okounem byl zaznamenán pomalejší růst u testované skupiny chované ve střídavé normoxii a hypoxii, přičemž tato skupina se statisticky nelišila se skupinou chovanou

v permanentní hypoxii. Doulos a Kindschi (1990) nezaznamenali u pstruha duhového a pstruha žlutohrdlého rychlejší růst v hyperoxickém prostředí. Zatímco významně rychlejší růst pstruha duhového v hyperoxii (180 %) popisují Dabrowski a kol. (2004).

Nejvyšší specifickou rychlost růstu jsme zaznamenali u skupiny s trvalou normoxií  $1,48 \pm 0,05 \% \times \text{den}^{-1}$ , která se statisticky nelišila se skupinou s trvalou hyperoxií a hyperoxií během světlé části dne. Nejnížší specifická rychlost růstu na konci experimentu byla zaznamenána u skupiny se střídavou hyperoxií a normoxií  $1,22 \pm 0,02 \% \times \text{den}^{-1}$ . Významně vyšší specifickou rychlost růstu u vlkouše skvrnitého chovaného v hyperoxii a normoxii pozoroval i Foss a kol. (2002). Rychlejší růst lososa obecného zaznamenal Hosfeld a kol. (2008) v hyperoxických podmínkách.

Krmný koeficient testovaných skupin se statisticky nelišil. Průměrná hodnota koeficientu byla  $1,23 \pm 0,05$ . Významné rozdíly v efektivitě konverze krmiva nepozorovali u pstruha duhového a žlutohrdlého Edsall a Smith (1990), u pstruha žlutohrdlého Doulos a Kindschi (1990) a u pstruha duhového Caldwell a Hinshaw (1994) – 1,05 pro nasycení 130 % a 1,10 pro nasycení 100 %.

Hodnota Fultonova koeficientu vyživenosti se během celého experimentu u testovaných skupin statisticky nelišila. Po ukončení průměrná hodnota činila  $1,09 \pm 0,17$ . Signifikantní rozdíl nepozorovali ani Caldwell a Hinshaw (1994) u pstruha duhového. Hosfeld a kol. (2008) pozorovali statisticky nižší hodnotu Fultonova koeficientu u lososa chovaného v režimu hyperoxie a hyperkapnie a v režimu normoxie a hyperkapnie než u lososa chovaného v normoxickém či hyperoxickém režimu bez hyperkapnie.

Po ukončení experimentu se statisticky lišila celková délka a délka těla mezi skupinami normoxie a hyperoxie během světlé části dne, které se navzájem nelišily a skupinami střídavá hyperoxie, normoxie a permanentní hyperoxie, které se navzájem také nelišily. Rychlejší délkový růst byl zaznamenán u skupin normoxie a hyperoxie během světlé části dne. Za tyto dvě skupiny činila průměrná celková délka  $249 \pm 2$  mm a průměrná délka těla  $220 \pm 2$  mm.

Ze sledovaných somatických indexů nebyl zaznamenán statistický rozdíl u hepatosomatického indexu. U splenosomatického indexu se lišila skupina chovaná v hyperoxii během světlé části dne se všemi ostatními testovanými skupinami. Hodnota indexu perviscerálního tuku se statisticky lišila mezi skupinou se střídavou hyperoxií a normoxií a skupinou s permanentní hyperoxií, u níž byla hodnota nižší. Skupiny chované

v normoxii a hyperoxii během světlé části dne se nelišily ani s jednou zmíněnou skupinou.

Hodnoty hematologických ukazatelů testovaných v tomto experimentu se statisticky nelišily. Caldwell a Hinshaw (1994) uvádějí, že u pstruha duhového vystaveného hyperoxickým podmínkám došlo ke snížení hladiny hemoglobinu, hematokritu a ke snížení koncentrace červených krvinek. Edsall a Smith (1990) nezmiňují signifikantní rozdíl v hodnotě hematokritu a hemoglobinu mezi testovanými skupinami po ukončení experimentu u pstruha duhového a žlutohrdlého.

## 6. Závěr

Teplota vody a množství rozpuštěného kyslíku ve vodě představují jedny z hlavních fyzikálně – chemických vlastností, které přímo ovlivňují úspěšnost produkčních chovů ryb. Cílem této práce bylo otestovat a najít rozdíly v přežití, růstu, produkčních ukazatelích a mezi somatickými indexy v pěti teplotních a čtyřech oxických režimech pro sivena alsaského, hybrida sivena amerického a sivena arktického.

Na základě výsledků prvního experimentu lze konstatovat, že z hlediska přežití jsou pro chov tohoto hybrida nejvhodnější teploty do 13 °C, při teplotě 16 °C a více bylo procento přežití poměrně nízké. Při teplotě 13 °C byl zaznamenán největší hmotnostní růst, nejvyšší specifická rychlost růstu a koeficient konverze krmiva činil  $1,6 \pm 0,1$ . Růst a efektivita konverze krmiva se při nižších či vyšších teplotách snižovala.

Výsledky druhého experimentu neprokázali vliv testovaných oxických režimů na přežití. Hmotnostní růst a specifická rychlost růstu byla nejvyšší v normoxických podmínkách (85 – 95 %). Při testování zbylých režimů nebyl prokázán pozitivnější dopad na přežití, růst a konverzi krmiva než jaký byl dosažen při normoxických podmínkách. Koeficient konverze krmiva při permanentní normoxii činil  $1,19 \pm 0,03$ .

S ohledem k těmto informacím můžeme říci, že chov sivena alsaského je při zmíněných podmínkách v produkčních chovech možný. Tento hybrid by zajisté představoval zpestření nabídky mnohých tuzemských producentů.

Budoucí možný výzkum věnovaný této oblasti a tomuto hybridovi by mohl být zaměřen na vliv fluktuující teploty kolem optima 13 °C a delší expozice ryb rozdílným hyperoxickým a případně hypoxických režimům na růst, produkční a hematologické ukazatele.

## 7. Seznam použité literatury

- Armstrong, R. H., 1984. Artic charr. 24 pp.
- Baldwin, N. W. 1956. Food consumption and growth of brook trout at different temperatures. Trans. Amer. Fish. Soc. 86: 323-328.
- Barnes, R., Carter Ch. G., Harry King., 2011. Hypoxia tolerance and oxygen regulation in Atlantic salmon, *Salmo salar* from a Tasmanian population. Aquaculture, 318 (3 – 4), 397 – 401 pp.
- Baruš, V., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Libosvářský, J., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Oliva, O., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Ráb, P., Špinar, Z., Švátora, M., Vostradovský, J., 1995. Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes 1. Academia, Praha, 623 s.
- Baruš, V., Černý, K., Gajdůšek, J., Hensel, K., Holčík, J., Kálal, L., Krupauer, V., Kux, Z., Libosvářský, J., Lom, J., Lusk, S., Moravec, F., Oliva, O., Peňáz, M., Pivnička, K., Prokeš, M., Ráb, P., Špinar, Z., Švátora, M., Vostradovský, J., 1995. Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes 2. Academia, Praha, 698 s.
- Bauch, G., 1954. Die einheimischen Süßwasserfische. 5. Aufl. Radebeul., Neuman Verlag, Berlin, 200 pp.
- Berg, O. K., Finstad, B., Grande, G., Wathne, E., 1990. Growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a variable diel temperature régime. Aquaculture, 90 (3 – 4), 261 – 266.
- Berst, A. H., Emery, A. R., Spangler, G. R., 1981. Reproductive behavior of hybrid charr (*Salvelinus fontinalis* x *S. namaycush*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38 (4): 432 – 440
- Brännäs, E., Wiklund, Bo-Sören, 1992. Low temperature growth of Artic charr and rainbow trout. Nordic Journal of Freshwater Research, 67, 77 – 81.
- Bubeníček, J., 1898. O rybách a jejich chytání. Nakl. E. Beaufort, Praha, 266 pp.
- Buentello, J. A., Gatlin, D. M., Neill, W. H., 2000. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, č. 182, s. 339-352.
- Caldwell, C.A., Hinshaw, J., 1994. Physiological and haematological responses in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. Aquaculture 126, 183 – 193.

- Carlander, K. D., 1969. Handbook of freshwater fishery biology. Vol. 1. Iowa State Univ. Press, Ames, 752 pp.
- Clarke, W. C., Shelbourn, J. E., Brett, J. R., 1978. Growth and adaptation to sea water in ‘underyearling’ sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon subjected to regimes of constant or changing temperature and day length. Canadian Journal of Zoology, 56:2413–2421.
- Cox, D. K., Coutant, Ch. C., 1981. Growth dynamics of juvenile striped bass as functions of temperature and Ration. Transactions of the American Fisheries Society, 110 (2), 226 – 238.
- Dabrowski, K., Kyeong-Jun, L., Guz, L., Verlhac, V., Gabaudan, J., 2004. Effects of dietary ascorbic acid on oxygen stress (hypoxia or hyperoxia), growth and tissue vitamin concentrations in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 233 (1 – 4), 383 – 392.
- Davis, J. C., 1975. Minimum dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 32:2295 – 2332 p.
- Day, F., 1884. On Races and Hybrids among the Salmonidae. Part I-III. Proc. Zool. Soc. London: 17-40, 376-380, 581-593.
- DFO (Department of Fisheries and oceans, Canada), 1983. Summary of water quality criteria for salmonid hatcheries, revised ed. Sigma Env. Consul. SECL 8067:163 p.
- Dong, X., Qin, J. G., Zhang, X. M., 2011. Fish adaptation to oxygen variations in aquaculture from hypoxia to hyperoxia. Journal of Fisheries And Aquaculture., 2 (2), 23 – 28.
- Doudoroff, P., Shumway, D. L., 1970. Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes. U.N. FAO Fish. Tech. Pap. 84:291 p.
- Doulos, S.K., Kindschi, G.A., 1990. Effects of oxygen supersaturation on the culture of cutthroat trout, *Oncorhynchus clarki* Richardson, and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Richardson. Aquaculture and Fisheries Management. 21, 39 – 46.
- Edsal, D.A., Smith, C.E., 1990. Performance of rainbow trout and Snake River cutthroat trout reared in oxygensupersaturated water. Aquaculture 90, 251 – 259.



- Fabricius, E., Gustafson, K. J., 1954. Further aquarium observation of the charr *Salmo alpinus*. Rep. Inst. Freshwater Res., Drottningholm, 35:58 – 104 pp.
- Farrell, A.P., Richards, J.G., 2009. Defining hypoxia. In: Richards, J.G., Farrell, A.P., Brauner, C.J. (Eds.), *Fish Physiology. : Hypoxia*, Vol. 27. Elsevier, Amsterdam, pp. 487–503.
- 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*. 2. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 305 s.
- Foss, A., Evensen, T. H., Øiestad, V., 2002. Effects of hypoxia and hyperoxia on growth and food conversion efficiency in the spotted wolffish *Anarchichas minor* (Olafsen). *Aquaculture Research*, 33, 416 – 426.
- Frič, A., 1908. *České ryby a jejich cizopasníci*. 2. vyd. VI. Nákladem (komise F. Řivnáč), Praha, 78 pp.
- Gruber, K., Wieser, W., 1983. Energetics of development of the Alpine Charr, *Salvelinus alpinus*, in relation to temperature and oxygen. *J. of comparative physiology*, 149, 485 – 493 pp.
- Hammar, J., Dempson, J.B., Vespoor, E., 1991. Natural hybridization between Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and brook trout (*S. fontinalis*): evidence from northern Labrador. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48, 1437–1445.
- Hochleithner, M., 2001. *Lachsfische: Biologie und Aquakultur*. Kitzbühel: Aquatech publications, ISBN 3-9500968-3-3. Kapitola 2, Arten in Einzeldarste, 158 – 165 pp.
- Hokanson, K. E. F., Kleiner, Ch. F., Thorslund, T. W., 1977. Effects of constant temperatures and diel temperature fluctuations on specific growth and mortality rates and yield of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34 (5), 639 – 648.
- Hosfeld, C. D., Engevik, A., Mollan, T., Lunde, T. M., Waagbø, R., Olsen, A.B., Breck, O., Stefansson, S., Fivelstad, S., 2008. Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) smolts. *Aquaculture*, 280, 146-153.

- Jobling, M., Davies, P. S., 1980. Effects of feeding on metabolic rate, and the Specific Dynamic Action in plaice, *Pleuronectes platessa* L., Journal of Fish Biology, 16, 629 – 638 pp.
- Jobling, M., 1983. Influence of body weight and temperature on growth rates of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). Journal of Fish Biology 22, 471 – 584.
- Jobling, M., 1993. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: Fish Physiology (ed. by J.C. Rankin & F.B. Jensen). Chapman and Hall, London., 1 – 44.
- Jobling, M., 1994. Fish Bioenergetics. Vol. XIV. London: Chapman & Hall, 309 s.
- Jobling, M., 1995. Feeding of charr in relation to aquaculture. Nordic Journal of Freshwater Research 71, 102-112.
- Johnson, L., 1980. The Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. In: E. K. Balon (ed.). Charrs, salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk Publ., The Hague, 15 – 98 pp.
- Kaushik, S. J., Médale, F., 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. Aquaculture, 124, 81 – 97 pp.
- Kavalec, J., 1972. Hospodaření na tekoucích řekách. SZN, Praha, 78 pp.
- 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, 142 s.
- Kouřil, J., 2014. Technická zpráva pilotního projektu: Ověření současné technologie chovu salmonidů pro odchov sivena arktického a jeho křížence [http://eagri.cz/public/web/file/397931/Overeni\\_soucasne\\_technologie\\_chovu\\_salmonidu\\_pro\\_odchov\\_sivena\\_arktickeho\\_a\\_jeho\\_krizence.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/397931/Overeni_soucasne_technologie_chovu_salmonidu_pro_odchov_sivena_arktickeho_a_jeho_krizence.pdf)
- Larrson, S., Berglund, I., 1998. Growth and food consumption of 0+ Arctic charr fed pelleted or natural food at six different temperatures. J. Fish Biol., 52: 230 – 242.
- Mayer, L., 2001. Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus*) – Vermehrung, Aufzucht und Produktion in der Teichwirtschaft. Fischer & Teichwirt 52, 330-331 pp.
- Mayer, L. (2003b): Vermehrung von Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus*). Fischer & Teichwirt 54, 265-266 pp.
- McCormick, J. H., Hokanson, K. E., and Jones, B. R., 1972. Effects of temperature on growth and survival of young brook trout, *Salvelinus fontinalis*. Journal of the Fisheries Board of Canada, 29(8):1107-1112.

- McCrimmon, H. R., Gotts, B. L., 1980. Fisheries for charrs. In: Charrs, W. Junk, Hague, 797 – 839 pp.
- McKenzie, D.J., Steffensen, J.F., Korsmeyer, K., Whiteley, N.M., Bronzi, P., Taylor, E.W., 2007. Swimming alters responses to hypoxia in the Adriatic sturgeon, *Acipenser naccarii*. J. Fish Biol. 70, 651–658.
- McKim, J. M., Goeden, H. M., 1982. A direct measure of the uptake efficiency of a xenobiotic chemical across the gills of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) under normoxic and hypoxic conditions. Comp. Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology, 72 (1), 65 – 74 pp.
- Neresheimer, E., 1937. Die Lachsartigen I. (Salmonidae). Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Stuttgart, 3 (5), pp. 333 – 340, 370 pp.
- Nikol'skij, G. V., 1944. Biologija ryb. Sov. nauka, Moskva, 228 pp.
- Nikol'skij, G. V., 1950 (1954, 1971). Častnaja ichtiologija. Vysšaja škola, Moskva, 436 pp.
- Nilsson, J., 1994. Genetic variation in resistance of Arctic char to fungal infection. Journal of Aquatic Animal Health 4, 126-128 pp.
- Pauly, D., 1981. 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. č. 28, 251-282 s.
- Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Sévere, A., Le Roux, A., Quémener, L., Maxime, V., Nonnotte, G., Boeuf, G., 2000. Effects of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot. Aquaculture, 188 (1 – 2), 103 - 114 pp.
- Piwernetz, D., 2002. Elsässer Saibling in Deutschland auf dem Vormarsch. Fischer & Teichwirt 53, 428 pp.
- Pennel, W., Barton, B. A., Laird, L. M., Groot, C., Pepper, V. A., Crim, L. W., Billard, R., Jensen, J. O. T., Mclean, W. E., Iwama, G., K., Clarke, W. C., Saunders, R. L., McCormick, S. D., Novotny, A. J., Halver, J. E., Jorstad, K. E., Naevdal, G., Wedemeyer, G. A., Bruno, D. W., Ellis, A. E., Heard, W. R., Shaw, S. A., Egan, D. N., Weston, D. P., Phillips, M. J., Kelly, L. A., Donaldson, E. M., Devlin, R. H. 1996. Principles of salmonid culture. (Ed. Pennel, W., Barton, B. A.), Elsevier. Science B. V., 1039.

- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V., 2003. Pstruhařství. 1. vyd. Informatorium, Praha, 281 s.
- Power, G., 1980. Review of the main forms. The Brook charr, *Salvelinus fontinalis*. In: Charrs, W. Junk, The Hauge, pp. 141 – 204.
- Raleigh, R. F., 1982. Habitat suitability index models: brook trout, revised. U. S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.24, 42 pp.
- Remen, M., Imsland A.K., Stefansson, S.O., Jonassen T.M., Foss A., 2008. Interactive effects of ammonia and oxygen on growth and physiological status of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 274, 292 – 299.
- Rudolf, S. S. Wu, Bing Sheng Zhou, Randall, D. J., Woo, N. Y. S., Lam, P. K. S., 2003. Aquatic hypoxia is an endocrine disruptor and impairs fish reproduction. *Environ. Sci. Technol.*, 37 (6), 1137 – 1141 pp.
- Schmidt, J., 2002. Einiges über den Elsässer Saibling. *Fischer & Teichwirt* 53: 348-349.
- Schurmann, H., Steffensen, J.F., 1997. Effects of temperature, hypoxia and activity on the metabolism of juvenile Atlantic cod. *Journal of Fish Biology*, 50, 1166–1180.
- Scott, W. B., Crossman, E. J., 1973. Freshwater fishes of Canada. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 184:966 pp.
- Selong, J. H., McMahon, T. E., Zale, A. V., Barrows, F. T., 2001. Effect of temperature on growth and survival of bull trout, with application of an method for determining thermal tolerance in fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130 (6), 1026 – 1037.
- Siebold, C. T. E., 1863. Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. W. Engelmann, Leipzig, 430 pp.
- Stevens, E.D., Sutterlin, A., Cook, T., 1998. Respiratory metabolism and swimming performance in growth hormone transgenic Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 55, 2028–2035.
- Stejskal, V., Kouril, J., Valentova, O., Hamackova, J., Policar, T., 2009. Size-related oxygen consumption and ammonia excretion of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared in a recirculating system. *Aquaculture Research*, 41, 135-142 pp.
- Sovio, A., Nikinmaa, M., Westman, K., 1980. The blood oxygen binding properties of hypoxic *Salmo gairdneri*. *Journal of Comparative Physiology.*, 136, 83 – 87 pp.

- Svobodová, Z., Pravda, D., Modrá, H., 2012. Metody hematologického vyšetřování ryb. 1.vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Edice Metodik, č. 122, 38 s.
- Swift, D. R., 1964. The effect of temperature and oxygen on the growth rate of the Windermere char (*Salvelinus alpinus willughbii*). Comparative Biochemistry and Physiology 12, 179–183.
- 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 conditions. Aquaculture, 174, 355-367.
- Vaquer – Sunyer, R., and Duarte, C. M., 2008. Thresholds of hypoxia for marine diversity. PNAS 105, 15452–15457.
- Vijayan, M. M., Leatherland, J. F., 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Aquaculture, 75:159 – 170.
- Wallace, J. C., Aasjord, D., 1984b. The initial feeding of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) alevins at different temperatures and under different feeding regimes. Aquaculture 38, 19-33.
- Wallace, J. C., Kolbeinshavn, A. G., Reinsnes, T. G., 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus L.*, Aquaculture 73: 97 – 100 pp.
- Whitworth, W.R., 1969. Effects of diurnal fluctuations of dissolved oxygen on the growth of brook trout. J. Fish. Res. Board Can. 25, 579–584.

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.rybsvaz.cz](http://www.rybsvaz.cz)

[www.cz-ryby.cz](http://www.cz-ryby.cz)

## 8. Seznam tabulek, grafů a příloh

### 8.1. Seznam tabulek

Tab. č. 1 – *Světová akvakulturní produkce sivena amerického v letech 2006 – 2015 (t)* (FAO Yearbook, 2015)

Tab. č. 2 – *Světová akvakulturní produkce sivena arktického v letech 2006 – 2015 (t)* (FAO Yearbook, 2015)

Tab. č. 3 – *Akvakulturní produkce ryb v České republice v letech 2007 – 2016 (t)* (Rybářské sdružení ČR)

Tab. č. 4 – *Fyzikálně-chemické parametry vody – experiment s oxickými režimy*

Tab. č. 5 – *Hematologické ukazatele z experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

### 8.2. Seznam grafů

Graf č. 1 – *Úlovky sivena amerického na pstruhových a mimopstruhových revírech ČRS v letech 1990 – 2016* (rybsvaz.cz)

Graf č. 2 – *Spotřeba kyslíku a exkrece oxidu uhličitého během dne u krmených a nenakrmených pstruhů duhových* (Kaushik and Médale, 1994)

Graf č. 3 – *Teplota vody u jednotlivých experimentálních skupin v průběhu pokusu*

Graf č. 4 – *Přežití obsádek u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 5 – *Hmotnostní růst testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 7 – *Celková délka ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 8 – *Délka těla ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 9 – *Fultonův koeficient (výživný stav obsádek) u testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 10 – *Míra heterogenity obsádek (CV) u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 11 – *Krmný koeficient (FCR) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 12 – *Gonadosomatický index (GSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 13 – *Hepatosomatický index (HSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 14 – *Splenosomatický index (SSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 15 – *Index perviscerálního tuku (IPT) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv teploty v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 16 – *Přežití obsádek u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 17 – *Hmotnostní růst testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 18 – *Specifická rychlost růstu (SGR) v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 19 – *Celková délka ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 20 – *Délka těla ryb u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 21 – *Fultonův koeficient (výživný stav obsádek) u testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 22 – *Míra heterogenity obsádek (CV) u jednotlivých testovaných skupin v průběhu experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 23 – *Krmný koeficient (FCR) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 24 – *Hepatosomatický index (HSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 25 – *Splenosomatický index (SSI) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

Graf č. 26 – *Index perviscerálního tuku (IPT) u jednotlivých testovaných skupin experimentu zaměřeného na vliv kyslíkových režimů v odchovu sivena alsaského*

### **8.3. Seznam příloh**

Obr. č. 1 – Protokol pro zapisování fyzikálně-chemických parametrů vody

Obr. č. 2 – Pomůcka pro měření délek při zjišťování biometrických údajů

Obr. č. 3 – Experimentální recirkulační systémy v Nedošínském pstruhařství

Obr. č. 4 – Exsikátor použitý při zjišťování sušiny z nespotřebovaného krmiva

Obr. č. 5 – Experimentální recirkulační systém v budově FROV JČU v Českých  
Budějovicích

Obr. č. 6 – Směšovač kyslíku pro dosažení vyšší saturace

Obr. č. 7 – Elektroferogram sivena alsaského



## 9. Přílohy

		teplota (°C)					pH					poznámka
		1	5	9	13	17	1	5	9	13	17	
ad	1.11											
ad	2.11	8,2	9,6	10,4	12,5	10,5	7,88	7,91	8,03	7,91	7,48	
ad	3.11	8,2	9,9	10,5	11,4	12	7,91	8,01	8,22	8,01	7,80	
ad	4.11	8,2	9,9	12	13,4	13	7,92	7,98	8,11	8,04	7,81	
ad	5.11	8,2	9,9	12,2	13,5	13,1	7,85	7,92	8,05	8	7,32	
ad	6.11	8,4	10,1	12,1	14,5	13,3						
1	7.11											
2	8.11											
3	9.11											
4	10.11											
5	11.11											
6	12.11											
7	13.11											
8	14.11											
9	15.11											
10	16.11											
11	17.11											
12	18.11											
13	19.11											
14	20.11											
15	21.11											
16	22.11											
17	23.11											
18	24.11											
19	25.11											
20	26.11											
21	27.11											
22	28.11											
23	29.11											
24	30.11											
25	1.12											
26	2.12											
27	3.12											
28	4.12											
29	5.12											
30	6.12											
31	7.12											
32	8.12											
33	9.12											
34	10.12											
35	11.12											
36	12.12											

Obr. č. 1 – Protokol pro zapisování fyzikálně-chemických parametrů vody



Obr. č. 2 – Pomůcka pro měření délek při zjišťování biometrických údajů



Obr. č. 3 – Experimentální recirkulační systémy v Nedošinském pstruhařství



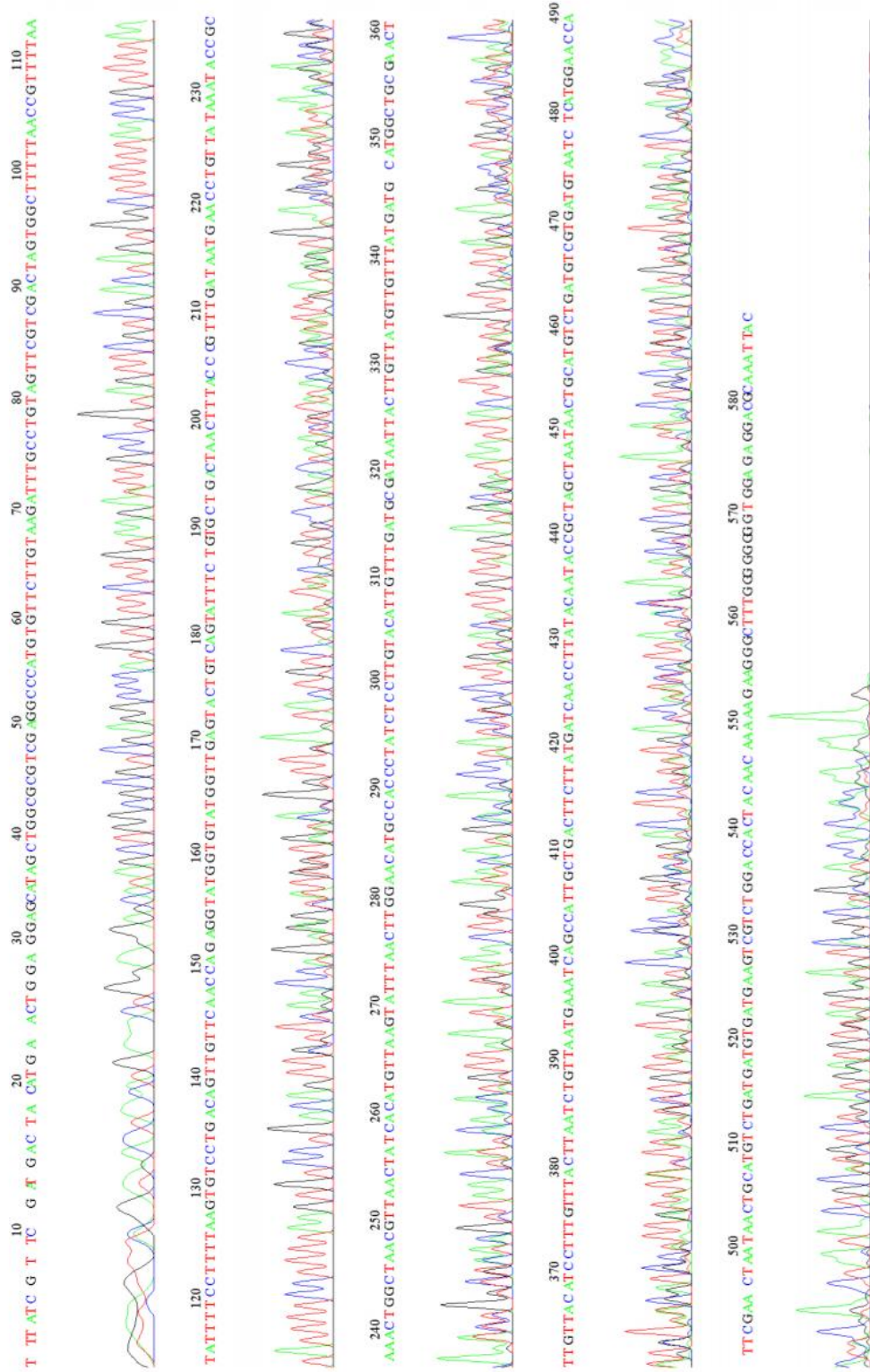
Obr. č. 4 – Exsikátor použitý při zjišťování sušiny z nespotřebovaného krmiva



Obr. č. 5 – Experimentální recirkulační systém v budově FROV JČU v Českých Budějovicích



Obr. č. 6 – Směšovač kyslíku pro dosažení vyšší saturace



Obr. č. 7 – Elektroferogram sivena alsaského

## 10. Abstrakt

Práce měla u hybrida sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) a sivena arktického (*Salvelinus alpinus*) tzv. sivena alsaského otestovat růstové schopnosti při různých teplotních a oxických režimech. Sledovanými produkční ukazateli bylo přežití, růst, konverze krmiva, heterogenita obsádky, somatické indexy. Hypotézou bylo nalezení rozdílu v růstu a zmíněných parametrech při odchovu s odlišnými teplotními a oxickými režimy. Samotná práce se skládá ze dvou provedených experimentů.

V prvním experimentu bylo testováno pět teplotních režimů (7, 10, 13, 16 a 19 °C). Každá testovaná skupina byla 4 x replikována. Experiment probíhal 84 dní a vždy po 21 dnech bylo provedeno biometrické měření. Výsledky prokázaly, že nejvyšší hmotnostní růst byl dosažen u ryb chovaných při teplotě 13 °C, kdy specifická rychlost růstu dosahovala  $4,12 \pm 0,21 \% \times \text{den}^{-1}$ . Vyšší teploty (16, 19 °C) nejsou pro chov hybrida vhodné. Po ukončení experimentu bylo přežití pro skupinu chovanou při 19 °C jen  $41,4 \pm 27,4 \%$ . Při nižších teplotách nebyla dosahována efektivní konverze krmiva a rychlost růstu byla nižší než při zmíněné teplotě 13 °C.

V druhém experimentu byly testovány čtyři oxické režimy – trvalé hyperoxické podmínky (120 – 130 %), hyperoxické podmínky pouze během světlé části dne, střídání normoxie a hyperoxie a trvalá normoxie (85 – 95 %). Každá experimentální skupina byla 3 x replikována. Experiment probíhal 63 dní a biometrické měření bylo provedeno vždy po 21 dnech. Přežití se u jednotlivých pozorovaných skupin nelišilo a po ukončení experimentu dosahovalo průměru  $86,0 \pm 1,4 \%$ . Nejvyšší specifická rychlost růstu byla dosažena u ryb chovaných v normoxii  $1,48 \pm 0,05 \% \times \text{den}^{-1}$  a u ryb chovaných v hyperoxii jen během světlé části dne  $1,38 \pm 0,10 \% \times \text{den}^{-1}$ . Nejeftivnější konverze krmiva byla pozorována u ryb chovaných v normoxii a permanentní hyperoxii.

**Klíčová slova:** oxické režimy, teplotní režimy, produkční ukazatele, lososovití

## 11. Abstract

This diploma thesis should have tested growth abilities during different temperature and oxygen regime in hybrid between brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and arctic charr (*Salvelinus alpinus*) culture. There were survival, growth, feed conversion, weight heterogeneity of fish and somatic indexes as followed indicators. The hypothesis was discovery of differences in growth and mentioned indicators during rearing in water with different temperature and oxygen regime. This thesis consists of two done experiments.

There were tested five temperature regimes (7, 10, 13, 16 and 19 °C) in the first experiment. Each of tested groups was repeated four times. The experiment took place 84 days and biometric data were measured always after 21 days period. Results showed that the highest weight growth was achieved in fish reared at 13 °C as specific growth rate achieved  $4,12 \pm 0,21 \% \times \text{day}^{-1}$ . Higher temperature regimes (16, 19 °C) are not suitable for rearing of *Salvelinus* hybrid. Survival of tested group reared at 19 °C were only  $41,4 \pm 27,3 \%$  after the end of the first experiment. At lower temperatures efficient feed conversion were not managed and specific growth rate were lower than at mentioned temperature 13 °C.

There were four tested groups – permanent hyperoxia (120 – 130 %), hyperoxia only during a light part of a day, oscillating hyperoxia/normoxia and permanent normoxia (85 – 95 %) in the second experiment. Each of tested groups was repeated three times. The experiment took place 63 days and biometric data were measured always after 21 days. There were no difference in survival among tested groups and after the end of the second experiment survival was  $86,0 \pm 1,4 \%$ . The highest specific growth rate were achieved at the normoxia group  $1,48 \pm 0,05 \% \times \text{day}^{-1}$  and at the group where fish were reared under hyperoxia only during a light part of a day -  $1,38 \pm 0,10 \% \times \text{day}^{-1}$ . The most efficient feed conversion was mentioned at the fish reared in permanent normoxia and permanent hyperoxia.

**Key words:** oxygen regime, temperature regime, production indicators, salmonids