



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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

# TECHNICKÁ ZPRÁVA PROJEKTU

**Název projektu:**

**Optimalizace managementu rybníční akvakultury -  
potlačení negativního vlivu střevličky východní**

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/18\_013/0000787



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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

### **Příjemce (veřejnoprávní subjekt):**

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

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

*IČ:* 60076658

*Registrační číslo projektu:* CZ.10.2.101/2.1/0.0/18\_013/0000787

*Název projektu:* Optimalizace managementu rybníční akvakultury - potlačení negativního vlivu střevličky východní

*Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna vědecký subjekt zastupovat:*

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

### **Partner projektu (podnik akvakultury spolupracující na projektu s příjemcem):**

*Název nebo obchodní jméno:* Blatenská ryba, spol. s.r.o.

*Adresa:* Na Příkopech 747, 388 01 Blatná

*IČ:* 49023837

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

Jiří Bláha

### **Zpracovatel technické zprávy projektu:**

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

*Adresa:* Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

*IČ:* 60076658

*Místo a datum zpracování technické zprávy:* Vodňany, 30. 3.2021

*Jména a příjmení osob, které zpracovaly technickou zprávu:*

RNDr. Bořek Drozd, Ph.D.

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

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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

### **Souhlas s publikací technické zprávy:**

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

#### **1. Příjemce dotace (veřejnoprávní subjekt):**

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

#### **2. Partnera projektu (podnik akvakultury):**

Jiří Bláha

#### **3. Zpracovatele technické zprávy:**

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.



## Obsah:

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Cíl                                                                                                                            | 4  |
| 1.1 Co bylo cílem projektu                                                                                                       | 4  |
| 1.2 V čem tkví inovativnost testované technologie                                                                                | 4  |
| 1.3 Proč je nutná inovace, která byla předmětem testování                                                                        | 4  |
| 2 Úvod                                                                                                                           | 5  |
| 3 Materiál a metodika                                                                                                            | 7  |
| 3.1 Naplánování a vytipování vhodných lokalit                                                                                    | 8  |
| 3.2 Příprava experimentu                                                                                                         | 9  |
| 3.3 Provozní experiment v pokusných rybnících                                                                                    | 9  |
| 3.3.1 Nasazení rybníků                                                                                                           | 9  |
| 3.3.2 Péče o rybníky během pokusu                                                                                                | 11 |
| 3.3.3 Monitoring kvality vody                                                                                                    | 11 |
| 3.3.4 Monitoring zooplanktonu a zoobentosu                                                                                       | 12 |
| 3.3.5 Monitoring růstu kapra                                                                                                     | 12 |
| 3.3.6 Monitoring výskytu střevličky                                                                                              | 13 |
| 3.3.7 Výlov rybníků                                                                                                              | 13 |
| 3.4 Posouzení kvality finálního produktu                                                                                         | 15 |
| 3.5 Statistické zpracování a vyhodnocení výsledků                                                                                | 16 |
| 4. Výsledky                                                                                                                      | 16 |
| 4.1 Kvalita vody                                                                                                                 | 16 |
| 4.1.1 Průběh teplotního režimu v experimentálních rybnících během sezóny                                                         | 17 |
| 4.1.2 Ostatní fyzikálně-chemické vlastnosti vody v experimentálních rybnících během sezóny: efekt přítomnosti/absence střevličky | 21 |
| 4.2 Monitoring zooplanktonu a zoobentosu                                                                                         | 25 |
| 4.3 Monitoring růstu kapra                                                                                                       | 28 |
| 4.4 Monitoring výskytu střevličky                                                                                                | 30 |
| 4.5 Výlov rybníků                                                                                                                | 33 |
| 4.5.1 Produkční ukazatele rybničního chovu a zdravotní stav kapra v závislosti na rybářském managementu                          | 33 |
| 4.5.2 Produkční ukazatele střevličky východní a candáta obecného                                                                 | 36 |
| 4.6 Kvalita finálního produktu                                                                                                   | 37 |
| 4.7 Vyhodnocení přijatých opatření                                                                                               | 41 |
| 5. Závěr                                                                                                                         | 45 |
| 6. Poděkování                                                                                                                    | 47 |
| 7. Seznam obrázků                                                                                                                | 48 |



# **1 Cíl**

## ***1.1 Co bylo cílem projektu***

Cílem projektu bylo navrhnout a otestovat postupy pro potlačení rozvoje střevličky východní a pro eliminaci jejích negativních vlivů na rybníční akvakulturu. Byl zjišťován vliv její přítomnosti nebo naopak eliminace na produkční výsledky a kvalitu masa ryb, na množství a strukturu přirozené potravy (zooplanktonu a zoobentosu) a kvalitu vody. V rámci projektu byla rovněž vyhodnocena náročnost navržených eliminačních opatření a přínos těchto změn. Snahou projektu bylo zlepšit welfare chovaných ryb a zvýšit profitabilitu chovu ryb v rybnících při udržení srovnatelných výrobních nákladů, a naopak zvýšených výrobních ziscích v podobě zvýšeného výlovku chovaných ryb a vyšší kvality výstupů produkce (silnější, zdravější násada pro další chov nebo svalovina/maso ryb s vyšší kvalitou) na jednotku hospodářského úsilí. Druhou snahou projektu bylo zlepšit kvalitu rybníčního prostředí a zvýšit tak atraktivitu rybníčních ekosystémů v očích veřejností, a to díky eliminaci nadbytečného vyžírání tlaku zooplanktonožravých ryb. Tato eliminace by pomohla zamezit rychlému nástupu rozvoje fytoplanktonu (převážně sinic) a napomohla by tak udržet vysokou průhlednost vody a nízkou koncentraci cyanotoxinů po delší část vegetační sezóny. Získané výsledky budou aplikovatelné pro chovatele ryb v rybnících v celé České republice.

## ***1.2 V čem tkví inovativnost testované technologie***

Projekt byl zaměřen na potlačení negativního vlivu střevličky východní a kvantifikace negativního dopadu přítomnosti střevličky na management rybníčních akvakultur. Tento projekt navazuje na již realizované pilotní (inovační) projekty provedené v rámci optimalizace managementu rybníční akvakultury z hlediska vlivu přirozené potravy a přikrmování na produkční výsledky, kvalitu masa ryb a na životní prostředí: projekt č. CZ.1.25/3.4.00/09.00526 "Praktické ověření technologie chovu kapra obecného se zvýšeným obsahem omega 3 mastných kyselin", CZ.1.25/3.4.00/10.00316 "Praktické ověření vlivu předchozí výživy a délky sádkování na zvyšování úrovně omega-3 mastných kyselin v mase kapra", CZ.1.25/3.4.00/11.00388 "Přikrmování kapra různými obilnými krmivy: ekonomika odchovu a vliv na kvalitu vody v rybnících" a CZ.1.25/3.1.00/13.00496 "Vyhodnocení ekonomické, ekologické a hospodářské účinnosti krmných směsí v chovu kapra".

Inovativnost projektu spočívá v návrhu a otestování opatření pro eliminaci rozvoje střevličky východní v rybníční akvakultuře a experimentální kvantifikaci vlivu střevličky a navržených eliminačních opatření na produkční ukazatele a ekonomiku chovu, množství a strukturu zooplanktonu a zoobentosu a kvalitu vody. Projekt tak přináší inovace mající pozitivní vliv na udržitelný rozvoj rybníční akvakultury a snížení jejích negativních vlivů na životní prostředí.

## ***1.3 Proč je nutná inovace, která byla předmětem testování***

Chov ryb v rybníčních ekosystémech dnes čelí celé řadě výzev, jejichž vyřešení je nezbytné k zefektivnění produkce a zvýšení prosperity této hospodářské činnosti mající v ČR mnoho století trvající tradici. Jednou z těchto aktuálních výzev je posouzení a kvantifikace dopadu introdukce a šíření nepůvodních, invazivních „plevelných“ druhů ryb v rybníčních ekosystémech. Přítomnost těchto druhů ryb vede jak k poklesu hospodářského výsledku produkce ryb, tak i zhoršenému welfare ryb, ale také k zhoršené kvalitě vody, a to jak v samotném rybníku, tak i vypouštěné vody vstupující do povodí z rybníků či rybníčních



soustav. Inovace navržené v projektu, spočívající v optimalizaci managementu rybníční akvakultury prostřednictvím kvantifikace přítomnosti střevličky východní v rybníku a aplikaci postupů pro její eliminaci, jsou nezbytné pro zlepšení produkčních výsledků a ekonomiky chovu, zlepšení kvality vody, welfare a zdravotního stavu ryb a masa ryb.

Inovace jsou tak nezbytné k docílení ekonomických úspor spočívajících v lepším využití přirozeného potenciálu daného rybníku, tj. jeho produkce skrze lepší využití přirozené potravy (zoobentosu a zooplanktonu), a doplňkových krmiv a dále ve snížení kvalitativních a kvantitativních ztrát na chovaných rybách (především kaproví). Tyto inovativní postupy naopak povedou ke zvýšení množství odchovávaných ryb, kvality jejich svaloviny jako výstupního produktu chovu ryb v rybníčních akvakulturách a také by měly vést ke zlepšení kvality vody v rybnících i na jejich odtocích. Výsledky plynoucí z projektu budou aplikovány v rámci inovovaných postupů vedoucích k udržitelnému rozvoji rybníční akvakultury a snížení jejích negativních vlivů na životní prostředí. Testování této inovace může při jejím dodržování v rybníční praxi přispět k udržitelnému rozvoji chovu ryb v rybníčních akvakulturách, snížení negativních vlivů současné rybníkářské praxe na životní prostředí, a může tak pomoci ke zvyšování konkurenceschopnosti české rybníční akvakultury i jejího vnímání veřejností.

## 2 Úvod

Současná rybníkářská praxe v ČR je převážně založená na polointenzivním způsobu rybníčního hospodaření využívajícího k dosažení požadovaného hospodářského výsledku (produkci ryb) jak přirozený potenciál rybníku (v podobě zooplanktonu a zoobentosu), tak i příkrmování externími potravními zdroji (především obilí), dodávání živin hnojením a udržení alkality vápněním (Adámek a kol., 2012; Hartman a Regenda, 2014). Všechny tyto externí vstupy představují v případě jejich neoptimálního využívání biomasou ryb nejen jistou ekologickou zátěž pro rybníční ekosystém a celé povodí (a tím také zhoršené chovné podmínky a welfare ryb), ale také nezanedbatelné finanční náklady snižující rentabilitu této zemědělské výroby (Potužák a kol., 2016). Jednou z výzev, které čelí současné rybníkářství je nedostatečné využití přirozeného potenciálu rybníků, doprovázené zhoršením kvality vody a hospodářského výsledku, vlivem zavlečení nepůvodních „plevelných“ druhů ryb do chovu ryb v rybnících.

V podmínkách ČR se jedná především o karase stříbřitého, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) a střevličku východní, *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846). Střevlička je malá, na území Evropy nepůvodní, kaprovitá rybička. Podle Berga (1964) pochází z jihovýchodní části bývalého Sovětského svazu a východní Číny. Střevlička byla do Evropy náhodně zavlečena v 60. letech 20. století při dovozu býložravých druhů ryb (Adámek a Siddiqui 1997), jako krmivo pro dravé ryby v líhních (Cakic et al. 2004), nebo příležitostně uniká z chovů okrasných ryb (Beyer 2004). Podrobnosti o invazi (zavlečení, distribuce a šíření) střevličky po celé Evropě shrnuli Gozlan a kol. (2010). Šíření střevličky Evropou je podle Simona a kol (2015) člověkem zesílený fenomén, nicméně střevlička se sama o sobě umí velice dobře šířit přirozenou cestou i bez přispění člověka. Právě vysoce invazivní potenciál střevličky má negativní dopad na původní druhy ryb v přírodních vodních útvarech (Lusk a kol. 2010). Střevlička je silným potravním konkurentem pro původní druhy ryb (Adámek a Sukop 2000), ale její potravní nika se také překrývá i s rybami chovanými v rybníčních ekosystémech, včetně kapra (Jackson a Britton 2013). Potravní konkurenci střevličky vůči kaproví v rybnících potvrdili i Musil a kol. (2014), kteří uvádí, že invazivní střevlička negativně ovlivnila produkci kaprů výrazným vyžíráním tlakem na přirozenou potravu – zooplankton (převážně perloočky r. *Daphnia*) a následným negativním





dopadem na ekonomiku chovu kapra (malé přírůstky na kaprovi, vysoký koeficient konverze doplňkového krmiva) v rybnících. Další studie navíc naznačily i další možný vliv střevličky na chov kapra, kdy s narůstající hustotou a věkem vykazuje střevlička chování, které lze interpretovat jako predaci nebo dokonce fakultativní parazitismus ovlivňující jiné druhy ryb (Trombitskiy a Kakhovskiy 1987, Libosvářský et al. 1990). Takové chování může vést k rozsáhlému ovlivnění z hlediska welfare chovaných ryb obecně, zejména pak z hlediska negativního ovlivnění jejich zdravotního stavu (Conté 2004, Barber 2007). Tuto skutečnost prokázali ve své studii Oberle a kol. (2019), kdy kapři (věkové kohorty 1+ a 2+) a líní (věková kohorta 3+) obecní chovaní v přítomnosti střevličky vykazovali silné zdravotní poškození v podobě hlubokých lézích na povrchu těla, které vznikly vlivem oštipování povrchu těla (poškození slizu a šupin) kaprů a línů střevličkou. Právě predace či parazitismus střevličky na hospodářsky cenných druzích ryb může způsobovat doposud neobjasněné množství škod a tím také významně snižovat rentabilitu rybníčního chovu.

Cílem projektu tak bylo kvantifikovat dopad přítomnosti střevličky na rybníční chov a zjistit efekt eliminace rozvoje střevličky v rybníční akvakultuře na produkční údaje a ekonomiku chovu (přežívání, biomasa, individuální váha, zdravotní stav, kvalita svaloviny odchovaných ryb, koeficient konverze doplňkového krmiva apod.), množství a strukturu zooplanktonu a zoobentosu a kvalitu vody. Aplikace zjištěných skutečností do praxe povede k optimalizaci technologických postupů (včetně využití přirozeného potenciálu rybníku), dojde ke snížení ztrát způsobených přítomností střevličky v rybnících, zlepšení kvality vody a zvýšení rentability rybníčního chovu.

### Použitá literatura:

- Adámek Z, Siddiqui MA (1997). Reproduction parameters in a natural population of topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, and its condition and food characteristics with respect to sex dissimilarities. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 44 (1–2), 145–152.
- Adámek Z, Sukop I (2000). Vliv střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) na parametry rybníčního prostředí. In: Biodiverzita Ichtyofauny České republiky 3. Brno, Ústav biologie obratlovců AV ČR. pp. 37–43.
- Adámek Z, Linhart O, Kratochvíl M, Flajšhans M, Randák T, Policar T, Masojídek J, Kozák P (2012). Aquaculture in the Czech Republic in 2012. Modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquaculture Europe*, 37, 5–14.
- Barber I (2007). Parasites, behaviour and welfare in fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 104 (3–4), 251–264.
- Berg LS (1964). Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. Volume 2, 4th edition. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, Izrael, 496 pp.
- Beyer K (2004). Escapees of potentially invasive fishes from an ornamental aquaculture facility: The case of topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*. *Journal of Fish Biology*, 65 (Suppl. 1), 326–327.
- Cakic P, Lenhardt M, Kolarevic J, Mickovic B, Hegedis A (2004). Distribution of the Asiatic cyprinid *Pseudorasbora parva* in Serbia and Montenegro. *Journal of Fish Biology*, 65 (5), 1431–1434.
- Conte FS (2004). Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86 (3–4), 205–223.
- Gozlan RE, Andreou D, Asaeda T, Beyer K, Bouhadad R, Burnard D, Caiola N, Cakic P, Djikanovic V, Esmaeili HR, Falka I, Golicher D, Harka A, Jeney G, Kováč V, Musil J, Nocita A, Povz M, Poulet N, Virbickas T, Wolter C, Tarkan AS, Tricarico E, Trichkova T, Verreycken H, Witkowski A, Zhang CG, Zweimueller I, Britton JR (2010). Pan-



- continental invasion of *Pseudorasbora parva*: towards a better understanding of freshwater fish invasions. *Fish and Fisheries*, 11 (4), 315–340.
- Hartman P, Regenda J (2014). *Praktika v rybníkářství*, FROV JU, Vodňany, 375 pp.
- Libosvářský J, Baruš V, Štěrbá O (1990). Facultative parasitism of *Pseudorasbora parva* (Pisces). *Folia Zoologica*, 39 (4), 355–360.
- Lusk S, Lusková V, Hanel L (2010). Alien fish species in the Czech Republic and their impact on the native fish fauna. *Folia Zoologica*, 59 (1), 57–72.
- Jackson MC, Britton JR (2013). Variation in the trophic overlap of invasive *Pseudorasbora parva* and sympatric cyprinid fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 22, 654–657.
- Musil M, Novotná K, Potužák J, Hůda J, Pechar L (2014). Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) - question of natural food structure. *Biologia*, 69 (12), 1757–1769.
- Oberle M, Másilko J, Wedekind H (2019). Observation of parasitic behaviour of an invasive neozootic fish species, the topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), on other cyprinid fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 49 (2), 171–176.
- Potužák J, Duras J, Drozd B (2016). Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus? *Aquaculture International*, 24(6): 1725–1745.
- Simon A, Gozlan RE, Britton JR, van Oosterhout C, Hänfling B (2015). Human induced stepping-stone colonisation of an admixed founder population: the spread of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) in Europe. *Aquatic Sciences*, 77, 17–25.
- Trombitskiy ID, Kakhovskiy AE (1987). On the facultative parasitism of the chebachok, *Pseudorasbora parva*, in fish ponds. *Journal of Ichthyology*, 27, 180–182.

### **3 Materiál a metodika**

V průběhu řešení projektu č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/18\_013/0000787 „Optimalizace managementu rybníční akvakultury – potlačení negativního vlivu střevličky východní“ (6/2019 – 3/2021) byl realizován jeden provozní experiment na rybnících, kterému předcházela přípravná fáze v podobě vytipování vhodných rybníků, zjištění přítomnosti střevličky a kvality vody, vytvoření experimentálního designu a příprava rybníků na provozní pokus. Po skončení pokusu byly nabrány vzorky a provedeny analýzy kvality svaloviny kaprů. Závěrem pak byly vyhodnoceny výsledky projektu a sepsána závěrečná technická zpráva. Projekt měl 6 následujících fází.

1) **Naplánování a vytipování vhodných lokalit** (rybníků) pro experimentální testování, konzultace vhodnosti lokalit a možností nastavení experimentálních podmínek se spolupracujícím provozním subjektem (Blatenská ryba s.r.o.). Návštěva a terénní průzkum vytipovaných lokalit pro zjištění kvality vody, stavu litorálu, zabahnění a přítomnosti střevličky východní. Délka trvání: 6/2019-8/2019

2) **Vytvoření experimentálního designu a metodická příprava**. Výběr vhodných metodik, sladění práce výzkumného týmu, vytvoření harmonogramu prací, konzultace se spolupracujícím provozním subjektem. Délka trvání: 9/2019-10/2019

3) **Příprava experimentu** – pokusných lokalit (rybníků) před experimentální sezónou a ryb do pokusu (kapr obecný, střevlička východní, candát obecný). Délka trvání: 9/2019-3/2020

4) **Provozní experiment v pokusných rybnících** pro zjištění efektu přítomnosti či absence střevličky východní na produkční ukazatele chovu ryb, kvalitu vody, složení zooplanktonu a zoobentosu, welfare chovu a kvalitu svaloviny odchovaných ryb. Délka trvání: 3/2020-10/2020

5) **Posouzení kvality finálního produktu**. Odběry vzorků a analýzy kvality svaloviny (obsah tuku a složení mastných kyselin) ryb (kaprů). Délka trvání: 10/2020-12/2020)





## 6) Vyhodnocení výsledků projektu a sepsání závěrečné technické zprávy. Délka trvání: 12/2020-3/2021

### 3.1 Naplánování a vytipování vhodných lokalit

Pro účely projektu bylo celkem spolupracujícím provozním subjektem (Blatenská ryba s.r.o.) vytipováno 24 vhodných lokalit (rybníků). O vhodnosti lokalit bylo diskutováno na řadě schůzek za účelem zúžení výběru. Byl diskutován doposud praktikovaný rybářský management (obsádka, příkrmování, hnojení, kvalita vody), problematika šíření nepůvodních druhů ryb (střevličky) a potenciální škody jimi působené v daných rybnících, stav vodnosti rybníků během předchozích sezón, jejich technický stav, způsob obhospodařování krajiny kolem rybníků pro eliminaci rušivých jevů, pozice rybníků na soustavě, přítomnost rybožravých predátorů, nebezpečí pytláctví, vhodnost rybníků z hlediska potřeb pokusu. Poté bylo fyzicky od června do konce srpna/přelomu září navštíveno a podrobeno zevrubnému zkoumání za účelem nalezení nejvhodnějších lokalit celkem 16 rybníků. Byla zjišťována kvalita vody terénními multimetry (Hach HQ40d, Hach Lange GmbH), teplotní stratifikace (datalogger Minikin-T, EMS Brno), stav zárostu rybníku vodní vegetací, stav zárostu litorálu mokřadními a semiakvatickými rostlinami, rozsah zabahnění, hloubkové poměry (přítok, hráz, místa uprostřed rybníku) a přítomnost střevličky východní vrhacími sítěmi (hydrobiologická vrhací síť, průměr: 1,6 m, oko: 4 mm, fa Síť – Petr Dobeš) a elektrickým pulsním agregátem (FEG 1500, EFKO) podél břehů.

Celkem bylo do experimentální části projektu vybráno 6 rybníků (Tabulka 1) menší velikosti (výměra cca 1 ha) majících podobné hodnoty parametrů zjišťovaných v předchozí fázi projektu (viz výše). Tři rybníky (Lusk, Sirotčí horní, Sirotčí dolní) byly navrženy pro tradiční rybníkářský management, kdy rybníky nejsou řádně doloveny a ošetřeny před napuštěním a tím v nich dochází v další vegetační sezoně k chovu kapra v přítomnosti střevličky. Další tři rybníky (Prostřední Koupě, Šamonický dolní a Buchhamer) pak sloužily jako kontrolní rybníky, kde po patřičném ošetření jsou chováni kapři bez přítomnosti střevličky. Rybníky pro tento management byly zvoleny na začátku rybníční soustavy, aby do nich žádné střevličky nemohly následně doputovat s vodou.

**Tab. 1. Charakteristika experimentálních rybníků.**

| Název rybníku    | GPS souřadnice                    | Katastrální území | Experimentální management | Katastrální výměra (ha) | Vodní výměra (ha) | Průměrná hloubka (m) |
|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| Prostřední Koupě | N 49°30.40853',<br>E 13°55.53930' | Koupě             | Bez střevličky            | 0,62                    | 0,48              | 0,9                  |
| Buchhamer        | N 49°26.75232',<br>E 13°55.38835' | Chobot            |                           | 0,78                    | 0,66              | 1,1                  |
| Šamonický dolní  | N 49°21.64432',<br>E 14°1.35765'  | Šamonice          |                           | 1,2                     | 1,01              | 0,9                  |
| Lusk             | N 49°18.84697',<br>E 14°5.64425'  | Nepodřice         | Se střevličkou            | 1,5                     | 0,8               | 1,3                  |
| Sirotčí horní    | N 49°18.76135',<br>E 14°6.38133'  | Oldřichov u Písku |                           | 0,91                    | 0,45              | 0,9                  |
| Sirotčí dolní    | N 49°18.77102',<br>E 14°6.45987'  | Oldřichov u Písku |                           | 0,63                    | 0,33              | 0,9                  |



### 3.2 Příprava experimentu

Po vytipování lokalit bylo nezbytné rybníky připravit na experimentální sezonu. Všechny rybníky byly na experiment připraveny stejným způsobem. Experimentální podmínky, včetně postupu, jak eliminovat výskyt střevličky v rybníku nejvýhodnějším, nejekonomičtějším a nejúčelnějším způsobem, byly vytvořeny způsobem přívětivým rybářské praxi, tj. tak, aby byl tento postup následně skutečně důsledně dodržován a využíván v praxi za účelem eliminace ekonomických a dalších ztrát způsobených přítomností nechtěné, invazní střevličky východní v rybnících. Vybrané rybníky tak byly na podzim 2019 (září) či v brzkém jaru 2020 (únor) kompletně sloveny a zbaveny všech ryb včetně plevelných druhů ryb. Za tímto účelem bylo kompletně opakovaně doloveno nejen loviště, ale i hlavní stoka a postranní stoky. A každý rybník byl několikrát propláchnut. Následně pak byl každý rybník 1 týden ponechán ladem na suchu a voda protékala volně ven. Poté bylo provedena dezinfekce dna ve všech oblastech, kde se nacházela voda a hrozilo by tak přežití nechtěných organismů. Jednalo se tak především o oblasti loviště, hlavní stoky a vedlejších stok. K dezinfekci bylo použito chlorové vápno (chlornan vápenatý,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) v dávce 1000 kg/ha plochy (v průměru bylo použito 20-25 kg na 1 rybník). Poté byl rybník opět nechán týden ladem, na suchu, aby proběhla úspěšně dezinfekce. Následně byl rybník zastaven a začala fáze napouštění rybníku tak, aby došlo k vytvoření přirozené potravní základny pro chované ryby. Do výpustního zařízení rybníku (požeráku) byla před započetím napouštění rybníka nainstalována také místo spodní dluže nebo klasické kovové mřížky s velkými rozestupy mezi česlemi, mřížka s rozestupy mezi česlemi 5 mm, aby byla minimalizována možnost úniku střevličky z rybníka po stoce dolů. Další zamýšlená eliminační opatření zamezující vstup střevličky do napouštěného rybníku (síta, šterková lože na přítoku) nebyla realizována z důvodu jejich neproveditelnosti a nepraktičnosti pro současnou rybníkářskou praxi – vysoké riziko zanášení, přetečení (nefunkční řešení) a vysoké náklady na čištění sedimentem zanesené stoky (se šterkovým ložem).

Dále byly v rámci této fáze na podzim loveny, přes zimu zakomorovány a na pokus připraveny ryby (zadržená jednorocní násada kapra obecného – šupinatá forma, roček candáta obecného a střevlička východní ve směsi různých věkových kohort).

### 3.3 Provozní experiment v pokusných rybnících

Cílem experimentu bylo kvantifikovat dopad přítomnosti střevličky na rybníční chov a zjistit efekt eliminace rozvoje střevličky v rybníční akvakultuře na produkční ukazatele a ekonomiku chovu (přežívání, biomasa, výnos, individuální váha, zdravotní stav, kvalita svaloviny odchovaných ryb, koeficient konverze doplňkového krmiva), množství a strukturu zooplanktonu a zoobentosu a kvalitu vody. Experiment byl zahájen okamžikem nasazení ryb do rybníků (březen 2020) a byl ukončen výlovem každého rybníku (září-říjen 2020). Byl tedy uplatněn jednohorkový produkční cyklus kapra.

#### 3.3.1 Nasazení rybníků

Experiment byl zahájen 26.3.2020 nasazením jednotlivých rybníků (viz tab. 2). Samotnému nasazení předcházela příprava násad pro jednotlivé rybníky. Pro nasazení všech rybníků byla zvolena zakomorovaná zadržená násada kapra obecného K2 (věková kohorta: 1<sup>+</sup>), šupinatá forma, původem z jednoho rybníku (nikoliv směs z více rybníků). Nasazení kapři měli velikost  $196,2 \pm 9,39$  mm (TL, celková délka těla), resp.  $161,02 \pm 8,26$  mm (SL, délka těla) a individuální hmotnost  $122,06 \pm 15,38$  g (průměr  $\pm$  S.D.). Kapři byli nasazeni s počtostí 1000 ks.ha<sup>-1</sup> vodní plochy rybníku, tj. biomasou 122 kg.ha<sup>-1</sup>.



Záměrně byly zvoleny nižší iniciální obsádky kapra z důvodu přiblížení se více nosné kapacitě rybníčního prostředí z hlediska využití přirozené potravy (eliminace nutnosti aplikace doplňkového krmiva obilí pro výživu kapra na nižší úroveň) za účelem zajištění čitelnějšího projevu dopadu přítomnosti střevličky na rybníční produkci a kvalitu životního prostředí. Nižší startovací obsádky kapra byly také použity pro aplikaci aspektu udržitelné zemědělské produkce (součást systému CAP „common agricultural policy“ v EU) do rybníkářství, tj. zamezení nadbytečné ekologické zátěže krajiny intenzivní zemědělskou produkcí a nadbytečnou produkcí závadných látek do povodí (uplatňování principů WFD „Rámcové směrnice o vodách“ v EU).

Pro eliminaci nechtěného výskytu střevliček v násadě kapra (kapr se nacházel v sádce spolu se střevličkou) byl uplatněn jednoduchý, pro rybáře nenáročný, přesto velice bezpečný, systém dvojího brakování, který v sobě snoubí systém čtyřnásobné eliminace výskytu střevličky v násadě kapra. Nejdříve byla sádka s rybami částečně spuštěna, pak v ní byli kapři zkoncentrováni pomocí odlovu do vatky se síťovinou o průměru ok 30 mm (první stupeň eliminace střevličky). Z vatky pak kapři byli odlovováni keserem se síťovinou o průměru ok 25 mm (střevličky z keseru vypadaly, druhý stupeň eliminace střevličky). Následně kapři byli velikostně přebráni na přebírce (třetí stupeň eliminace střevličky) za účelem nasazení velikostně podobných ryb (kaprů) do experimentu z důvodu eliminace vzniku mlžících faktorů při následném vyhodnocování dat v podobě nestejně velkých ryb při zkušebním monitoringu růstu kapra a při výlovu způsobených použitou nestejně velkou násadou na počátku experimentu. Pro eliminaci případného výskytu střevliček v již přebrakované násadě (střevlička ulpívající na tělech kaprů, v ústní a žaberní dutině) byli přebrakovaní kapři vypuštěni do kádí s vodou prostou střevliček (voda byla napuštěná z náhonu přes síto). Z kádí pak byli kapři slovoováni pomocí keserů se síťovinou o průměru ok 25 mm (čtvrtý stupeň eliminace střevličky), odvažování a ihned nakládání v potřebných množstvích (biomase potřebné pro každý jednotlivý rybník) do transportních beden na automobilech. Převážné bedny byly opět napuštěny vodou prostou střevliček (voda byla napuštěná z náhonu přes síto). Tím bylo riziko kontaminace násad kapra nechtěnými, plevelnými rybami (střevličkou) minimalizováno na nejnižší možnou úroveň v klasických podmínkách produkčního rybářství.

Celkem 100 ks násady kapra bylo podrobeno morfometricko-gravimetrické analýze – zjištění celkové délky těla (TL), délky těla (SL) a individuální hmotnosti (W). Naložená násada kapra na automobilech pak byla ze sádek v Rojici odvezena a nasazena do daných rybníků pomocí keserů (pátý stupeň eliminace výskytu střevličky).

Do rybníků se střevličkovým managementem (Lusk, Sirotčí horní a dolní) pak byla nasazena střevlička východní v podobě směsi různých věkových kohort (z komor rybníků) a v biomase 50 kg.ha<sup>-1</sup>. Tato biomasa se běžně vyskytuje v rybnících na základě našich zkušeností (výsledky jiných projektů) a zároveň se jedná o poloviční biomasu střevličky, kterou doporučuje Musil a Kouřil (2006) pro odchov tohoročka candáta obecného v podmínkách experimentálních rybníků. Z násady střevličky byl odebrán směsný vzorek, který byl zafixován v 4 % roztoku formaldehydu a následně podroben morfometricko-gravimetrické analýze (TL, SL, W). Násada střevličky pak byla v patričních množstvích navážena, odvezena a vypuštěna do rybníků se střevličkovým managementem.

Do rybníků s bezstřevličkovým managementem (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) byl pak jako případný biomanipulační nástroj za účelem eliminace efektu potenciálně se vyskytující střevličky východní a možných dalších jiných plevelných druhů ryb (vnos s násadou kapra, záměrné vypuštění cizími lidmi,...) vysazen roček (věková kohorta: 1<sup>+</sup>) candáta obecného (*Sander lucioperca*). Nasazení candátů měli



TL = 240,8 ± 14,99 mm, SL = 212,5 ± 14,84 mm a individuální hmotnost 118,6 ± 28,8 g (průměr ± S.D.). Candáti byli nasazeni s početností 50 ks.ha<sup>-1</sup> vodní plochy rybníku.

**Tab. 2. Násada pro experimentální rybníky s bezstřevličkovým (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevličkovým (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementem.**

Abundance násady střevličky východní byla vypočítána na základě hodnoty biomasy a průměrné individuální hmotnosti z odebraného vzorku.

| Rybník                  | Kapr - nasazeno                         |                                       | Střevlička - nasazeno                   |                                       | Candát - nasazeno                       |
|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
|                         | Abundance<br>(ks.rybník <sup>-1</sup> ) | Biomasa<br>(kg.rybník <sup>-1</sup> ) | Abundance<br>(ks.rybník <sup>-1</sup> ) | Biomasa<br>(kg.rybník <sup>-1</sup> ) | Abundance<br>(ks.rybník <sup>-1</sup> ) |
| <b>Prostřední koupě</b> | 480                                     | 58,59                                 | 0                                       | 0                                     | 25                                      |
| <b>Buchhamer</b>        | 660                                     | 80,56                                 | 0                                       | 0                                     | 35                                      |
| <b>Šamonický dolní</b>  | 1010                                    | 123,28                                | 0                                       | 0                                     | 65                                      |
| <b>Lusk</b>             | 800                                     | 97,65                                 | 42430                                   | 40                                    | 0                                       |
| <b>Sirotčí horní</b>    | 450                                     | 54,93                                 | 23867                                   | 22,5                                  | 0                                       |
| <b>Sirotčí dolní</b>    | 330                                     | 40,28                                 | 16441                                   | 15,5                                  | 0                                       |

### 3.3.2 Péče o rybníky během pokusu

O rybníky se během pokusu starali 3 baštýři spolupracující firmy Blatenská ryba s.r.o. (Lusk, Sirotčí horní a dolní: p. Košatka, Buchhamer, Prostřední Koupě: p. Benedikt, Šamonický dolní: p. Tomášek). Na rybnících nebylo aplikováno hnojení ani vápnění. Obsádka byla dokrmována dle potřeby a zvyklostí baštýřů. S dokrmováním bylo započato v polovině května, kdy obsádka rybníku započala rýt ve dně a vyhledávat benthickou potravu. Jako doplňkové krmivo byla nejdříve využita granulovaná krmná směs KPII - ZZN Záhoří (Lusk: 19.5.-25.5., Sirotčí horní a dolní: 19.5.-30.5., Šamonický dolní: 21.5.-30.5., Buchhamer a Prostřední Koupě: 22.5.-7.7.2020) a pak bylo aplikováno pouze obilí (triticale). Baštýři měřili v každém rybníku terénními oximetry 2x týdně teplotu a kyslík, a to vždy ve dvou hloubkových profilech (u dna a hladiny) na hrázi v blízkosti výpustního zařízení za účelem kontroly kyslíkových poměrů v rybníku a posouzení smysluplnosti aplikace doplňkového krmení. Dále byly sledovány a zaznamenávány případné úhyny obsádky – kapra (Prostřední Koupě: 2 ks, Buchhamer: 2 ks, Sirotčí horní: 3 ks za dobu experimentu), další zootechnické zásahy (Prostřední Koupě: 24.4. – aplikace herbicidu Envision na orobinec, 10.8.2020 – mechanická likvidace orobince vyžutím) či nenadálé situace. Baštýři v pravidelných intervalech zaznamenávali veškeré informace o experimentálních rybnících (viz výše) do připravených formulářů (karet rybníků).

### 3.3.3 Monitoring kvality vody

Kvalita vody a její fyzikálně-chemické parametry byly měřeny v měsíčních intervalech od března do září 2020. Průhlednost vody byla měřena Secchiho deskou. Teplota vody, obsah rozpuštěného kyslíku (a nasycení vody kyslíkem), pH, vodivost a oxidačně-redoxní potenciál byly měřeny ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi každého rybníku pomocí terénního přenosného multimetru Hach (Hach HQ40d, HachLange GmbH).

Dále byly odebrány vzorky vody a sestonu pro chemické analýzy vody. Nejdříve byl odebrán směsný vzorek vodního sloupce (hloubka: 0–50 cm) a to z lodi van Dornovým sběračem (délka: 50 cm, objem: 3,2 l) na transektu od hráze do centrální části rybníku. Ze směsného vzorku (cca 45 l) byly odebrány podvzorky přecezené přes 200-μm sítko na





chemické analýzy vody a sestonu a podvzorky přefiltrované přes 450- $\mu$ m filtr na analýzu rozpuštěných látek. Vzorky byly též den dopraveny do hydrobiologické laboratoře Povodí Vltavy, s.p. v Českých Budějovicích pro provedení analýz standardními metodami v akreditované laboratoři. Zde byly provedeny analýzy pro stanovení následujících parametrů: biologická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ ), chemická spotřeba kyslíku ( $CHSK_{Mn}$  a  $CHSK_{Cr}$ ), alkalita ( $KNK-4.5$  a  $KNK-8.3$ ), množství nerozpuštěných látek ( $NL-105^\circ C$  a  $NL-550^\circ C$ ), koncentrace dusičnanů ( $NO_3^-$ ), dusičnanového dusíku ( $N-NO_3$ ), dusitanového dusíku ( $N-NO_2$ ), amonného dusíku ( $N-NH_4$ ), celkového dusíku (TN), fosforečnanového fosforu ( $P-PO_4$ ), ortofosfátů/reaktivního fosforu (TDP), celkového fosforu (TP), celkového organického uhlíku (TOC), rozpuštěného organického uhlíku (DOC), celkového neorganického uhlíku (TIC), celkového uhlíku (TC) a chlorofylu-a (Chl-a).

V průběhu celého experimentu probíhalo v každém rybníku (2 profily: dno, hladina) také kontinuální sledování teploty vody pomocí automatického záznamového zařízení Minikin-T (s automatickým záznamem teploty v hodinových intervalech, fa EMS Brno) za účelem sledování teplotního režimu a případné stratifikace či míchání vody v průběhu sezóny.

### 3.3.4 Monitoring zooplanktonu a zoobentosu

Rybníky byly vzorkovány pro zjištění druhového a početního složení zooplanktonu v měsíčních intervalech vždy v průběhu jednoho dne, celkem sedmkrát za sezónu od března do září 2020. Spolu s odběrem vzorků zooplanktonu byly měřeny i základní fyzikálně-chemické parametry vody v terénu (viz měsíční terénní analýzy vody popsané v kapitole 3.3.3) pro zkorelování stavu zooplanktonu a bentosu s podmínkami životního prostředí. Směsný vzorek vodního sloupce (0–50 cm) byl odebírán z lodi van Dornovým sběračem (délka = 50 cm, objem = 3,2 l) na transektu od hráze do centrální části rybníku. Z 30 l směsného vzorku byl ve 40- $\mu$ m planktonní síti zkoncentrován a následně nafixován zooplankton (planktonní korýši a vířníci). Vzorky pak byly zanalyzovány v laboratoři pomocí optické stereomikroskopie pracovníky katedry biologie ekosystémů Přírodovědecké fakulty JU (vedoucí aktivity: Prof. Jaroslav Vrba).

Makrozoobentos (taxonomické složení, biomasa na jednotku plochy dna) byl analyzován na každém rybníku třikrát za sezónu s termíny odběry vzorků 23.04. (začátek vegetační sezóny), 24.06. (vrchol vegetační sezóny) a 26.08.2020 (konec vegetační sezóny). Vzorky byly odebírány a následně analyzovány pracovníky hydrobiologické laboratoře Povodí Vltavy, s.p. v Českých Budějovicích (vedoucí aktivity: Dr. Jan Rucký). Odběr probíhal Ekmanovým drapákem (objem nabraného vzorku: 225 cm<sup>2</sup>) na pěti místech na každém rybníku přibližně na stejných místech (celkový objem vzorku na 1 rybník: 1125 cm<sup>2</sup>). Vzorky byly na místě promyty na sítu s oky 500  $\mu$ m, typ a množství substrátu bylo hodnoceno vizuálně. Každý vzorek byl částečně přebrán a zafixován v etanolu. Podrobný rozbor vzorků a determinace taxonů (do řádů a čeledí) proběhly pod stereomikroskopem v laboratoři. Pro určení biomasy bentosu na jednotku plochy rybníčního dna byla použita suchá váha vzorků (nafixovaného bentosu). Vzorky byly nejdříve vysušeny při 105  $^\circ C$  po dobu 12 hod na předem zvážených filtrech a po vychladnutí v exsikátoru do konstantní hmotnosti byly zváženy na laboratorních analytických vahách.

### 3.3.5 Monitoring růstu kapra

V pravidelných měsíčních intervalech (květen–září 2020) byl prováděn odlov kaprů do vrhací sítě (průměr sítě: 2 m, oko: 25 mm) za účelem zjištění individuálního růstu kaprů v jednotlivých rybnících v průběhu sezóny. Odlovu předcházela aplikace doplňkového krmiva (granulovaná směs KPII nebo obilí) na krmné místo. Zhruba po 30 min pak byly





realizovány vlastní odlovy, a to vždy simultánním hodem dvou vrhacích sítí vedle sebe na krmné místo a vedle něho. Po hodině byla tato akce zopakována. Odlovené ryby byly podrobeny morfometricko-gravimetrické analýze pro zjištění TL (mm), SL (mm), W (g) a následně vypuštěny zpět do daného rybníku. Získaná data byla následně použita, v kombinaci s morfometricko-gravimetrickými daty z nasazení a výlovu rybníků, k rekonstrukci délkového a hmotnostního růstu kaprů v jednotlivých rybnících v závislosti na uplatněném managementu.

### 3.3.6 Monitoring výskytu střevličky

Pro monitoring výskytu střevličky byly testovány dvě metody s nízkou invazivitou vůči obsádce rybníka. Obě metody jsou zároveň velice účinné a praktické pro rybníkářskou praxi z důvodu nízkých finančních nákladů a snadné proveditelnosti. Od metody vzorkování elektrolovem bylo upuštěno především z důvodu její přílišné invazivity vůči rybám žijícím v menších rybnících a tím nemožnosti použití na pravidelné měsíční bázi. Ve všech rybnících (nejen v rybnících podléhajících střevličkovému managementu) byl prováděn v měsíčních intervalech odlov hydrobiologickou vrhací sítí (průměr sítě: 1,6 m, oko: 4 mm) za účelem monitoringu stavu střevličky či případných dalších „plevelných“ druhů ryb, které by se do rybníku dostaly buď s násadou, s vodou či jiným způsobem. Vždy bylo na každém rybníku provedeno 10 hodů vrhací sítí podél břehů (litorální zóny), po každé do stejných míst podél rybníku (4x hráz, 3x levá, 3x pravá strana rybníku), body odlovu byly zaneseny do mapy.

Dále během 2 termínů 19.-20.7. a 12.-13.9.2020 byly střevličky v rybnících se střevličkovým managementem odlovovány do vrší (délka x výška x šířka: 40 x 24 x 24 cm, oko síťoviny: 3 mm, fa Behr, Německo) pro odhad nárůstu počtnosti střevličky v rybníku během vrcholu sezóny další vzorkovací metodou. Vrše byly nastraženy s návnadou (drůbeží játra) po dobu 24 hod ve třech mikrohabitátech – uvnitř litorálního zárostu makrofyt, na okraji litorálu, na volné vodě (10 pastí/mikrohabitat, 30 pastí/rybník). Tato vzorkovací kampaň byla provedena ve spolupráci s pracovníky Hydrobiologického ústavu BC AV ČR v.v.i. v Českých Budějovicích (vedoucí aktivity: Dr. P. Blabolil).

Veškeré odlovené střevličky z obou vzorkovacích metod byly usmrceny a zafixovány v 4 % roztoku formalínu. Následně byly vzorky v laboratorních podmínkách zpracovány (střevličky byly změřeny a zváženy).

### 3.3.7 Výlov rybníků

Experiment byl ukončen výlovem každého rybníku v průběhu konce září až začátku října 2020. Metodika byla shodná u všech rybníků, bez ohledu na uplatněný rybníkářský management. Samotnému výlovu každého rybníku předcházela přípravná fáze. Před započítáním spouštění vody byla nejdříve vyčištěna (náletových dřevin, trávy, křoví zbavena) stoka pod rybníkem, popř. vývařiště, bylo-li přítomno. V případě zanešených stok rybníků Lusk, Sirotčí dolní a Šamonický dolní bylo nezbytné ještě upravit (obnovit, prohloubit) stoku, případně vývařiště, za pomoci stavební mechanizace (bagru) či ručním nářadím. Tento krok obstaral spolupracující subjekt Blatenská Ryba s.r.o. Poté byla (1-2 dny před započítáním spouštění vody) nainstalována do stoky pod rybníkem síť jako nástroj pro odlov střevliček pod rybníkem, za účelem kvantifikace její celkové abundance a biomasy na konci experimentu. K tomuto účelu byla použita plůdková podložní síť o velikosti 5 x 7 m (velikost oka: 3 mm). Ta byla do stoky vložena, vytvarována a důkladně zafixována do břehů a dna stoky pomocí ocelových (roksorových) tyčí. Pro dokonalé kopírování tvaru stoky (za účelem zamezení podtékání vody a střevliček pod sítí) byly použity betonové prefabrikáty (ztracené bednění, obrubníky a zámková dlažba). Poslední čtvrtina sítě byla ohnuta směrem nahoru a



nazpět, přehnuta přes dřevěný trám položený příčně přes stoku a zafixována do země opět ocelovými tyčemi a lanem. Tak vznikla kapsa, přes kterou byla voda cezena, a do ní se zachytávala střevlička opouštějící rybník při spouštění vody i výlovu rybníku. Pro instalaci sítě stačily 2 osoby. Potom začalo postupné vypouštění rybníku (spouštěním vody) a to 3-5 dní před výlovem. V této době bylo nezbytné síť kontrolovat a čistit od naplavenin a unikajících střevliček jeden- až dvakrát za den. Večer a noc před výlovem pak bylo nezbytné na místě setrvat, připravit vybavení na výlov a pravidelně (jedenkrát za 1-3 hod) čistit síť od naplavenin a odebírat unikající střevličky. Frekvence kontroly záležela na stavu zanešení rybníku (množství sedimentu a detritu rostlinného původu) a objemu vypouštěné vody. U zabahněných rybníků Sirotčí dolní a horní, Šamonický dolní byla nezbytná kontrola každou hodinu, u Lusku (odbahněného, pročištěného rybníku) stačila kontrola po 3 hod, i když množství unikajících střevliček bylo enormní. K obsluze, čištění a odběru chycených střevliček z podložní sítě stačily 1-2 osoby. Fáze výlovu započala vždy brzo ráno a skončila dopoledne u bezstřevličkových rybníků, v případě střevličkových rybníků výlov skončil až kolem druhé až třetí hodiny odpolední. Nejprve byly vyloveni z rybníka kapři, v případě bezstřevličkových rybníků i candáti. Vylovené ryby byly na přebírce vyselektovány, rozříděny. Jednalo se především o eliminaci střevliček z výlovku kapra a candáta. Vylovení kapři byli jednotlivě spočítáni (pro určení celkové abundance a přežívání), následně skupinově váženi (pro určení celkové biomasy výlovku kapra) a transportováni do přepravních beden s vodou umístěných na nákladních automobilech. Poté bylo z beden keserem náhodně vybráno 100 ks kapra. Ti byli podrobeni morfometricko-gravimetrické analýze pro zjištění individuální TL (mm), SL (mm) a W (g). Dále byl každý kapr podroben optické inspekci obou tělních boků a hlavy pro možnou přítomnost zranění/poškození (viditelné leze na těle) vyvolané predací/parazitismem střevličky na kaprovi. Poté byli kapři vypuštěni zpět do beden a transportováni pro zarybnění dalších rybníků.

Candáti byli po výlovu spočítáni (určení abundance, přežití) a podrobeni morfometricko-gravimetrické analýze pro zjištění individuální TL (mm), SL (mm) a W (g).

Střevličky byly po celou dobu výlovu loveny jednak pod hrází do podložní sítě, kterou bylo nezbytné kontinuálně po dobu výlovu čistit a zbavovat naplavenin a střevličky, a dále po výlovu kaprů a candátů, také v lovišti pomocí keserů s hustou síťovinou (velikost ok = 3 mm) a akvaristických sítěk. Odlovené střevličky byly separovány od detritu na přebírce a proplachovány v kádích s vodou. V konečné fázi výlovu rybníku byl odtok vody z rybníka zastaven a rybník byl několikrát vypláchnut do připravené podložní sítě a chycené střevličky odloveny. Veškeré pročištěné střevličky byly zbaveny vody a skupinově zváženy za účelem zjištění celkové biomasy složené střevličky. Poté byly malou akvaristickou síťkou odebrány z 5-10 míst kádě se střevličkou (masa ryb bez vody) dílčí podvzorky střevliček, které byly poté sloučeny v jeden směsný vzorek za každý rybník. Ryby v tomto vzorku byly následně usmrceny, zafixovány v 4 % roztoku formaldehydu. Vzorek pak byl v laboratoři rozebrán a podroben morfometricko-gravimetrické analýze pro zjištění individuální TL (mm), SL (mm) a W (g). Pomocí hodnot průměrné individuální hmotnosti a celkové biomasy vylovených střevliček byla vypočtena přibližná celková konečná abundance (počet) střevliček na konci experimentu v každém rybníku. Zbylé vylovené střevličky byly odvezeny ke zkrmení zvířatům v ZOO Ohrada (Hluboká nad Vltavou).

Ze zjištěných individuálních morfometricko-gravimetrických údajů (kapr, střevlička, candát), údajů o celkové abundanci a biomase při nasazení a po výlovu (kapr, střevlička, candát), informací o spotřebě doplňkového krmiva (KPII a obilí) a počtu přežívajících ryb (kapr, candát) byly pro každý rybník v závislosti na jeho managementu stanoveny a hodnoceny následující ukazatele:



**Přežití (%)** =  $(S_{\text{výlov}} / S_{\text{nasazení}}) \times 100$ , kde  $S_{\text{výlov}}$  je počet slovených ryb (ks) a  $S_{\text{nasazení}}$  je počet nasazených ryb (ks).

**Hektarový výnos ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )** =  $(B_{\text{výlov}} - B_{\text{nasazení}}) / P$ , kde  $B_{\text{výlov}}$  je biomasa slovených ryb (kg),  $B_{\text{nasazení}}$  biomasa nasazených ryb (kg) a  $P$  plocha rybníku (ha)

**Hektarový výnos na 1 m hloubky rybníku ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ )** =  $[(B_{\text{výlov}} - B_{\text{nasazení}}) / P] / H$ , kde  $B_{\text{výlov}}$  je biomasa slovených ryb (kg),  $B_{\text{nasazení}}$  biomasa nasazených ryb (kg),  $P$  plocha rybníku (ha) a  $H$  průměrná hloubka rybníku.

**Specifická rychlost růstu (SGR;  $\% \cdot \text{d}^{-1}$ )** =  $[\ln(W_t) - \ln(W_0) / t] \times 100$ , kde  $W_t$  je průměrná individuální hmotnost po výlovu (g),  $W_0$  je průměrná individuální hmotnost nasazovaných ryb (g) a  $t$  počet dní trvání experimentu (mezi nasazením a výlovem).

**Koeficient konverze krmiva (FCR;  $\text{kg}_{\text{krmiva}} \cdot \text{kg}_{\text{přírůstu}}^{-1}$ )** =  $\text{Food}_{\text{total}} / (B_{\text{výlov}} - B_{\text{nasazení}})$ , kde  $\text{Food}_{\text{total}}$  je celková hmotnost aplikovaného doplňkového krmiva (KPII a obilí) za období experimentu (kg),  $B_{\text{výlov}}$  biomasa slovených ryb (kg) a  $B_{\text{nasazení}}$  biomasa nasazených ryb (kg).

**Účinnost konverze krmiva (FCE;  $\text{kg}_{\text{přírůstu}} \cdot \text{kg}_{\text{krmiva}}^{-1}$ )** =  $(B_{\text{výlov}} - B_{\text{nasazení}}) / \text{Food}_{\text{total}}$ , kde  $B_{\text{výlov}}$  je biomasa slovených ryb (kg),  $B_{\text{nasazení}}$  biomasa nasazených ryb (kg) a  $\text{Food}_{\text{total}}$  celková hmotnost aplikovaného doplňkového krmiva (KPII a obilí) za období experimentu (kg).

**Fultonův koeficient vyživenosti (Obvodový index, Fulton)** =  $(W / \text{TL}^3) \times 100$ , kde  $W$  je průměrná individuální hmotnost (g) a  $\text{TL}$  je individuální celková délka těla (cm).

**Nárůst početnosti** nebo **biomasy (%)** vyjadřuje procentuální změnu v konečné celkové početnosti nebo biomase po výlovu vůči původní celkové početnosti nebo biomase při nasazení.

### 3.4 Posouzení kvality finálního produktu

Pro zhodnocení vlivu přítomnosti střevličky východní na kvalitu finálního produktu – svaloviny odchovaných ryb (kaprů) byl zvolen přístup analýzy svaloviny pro určení množství celkového množství tuku a kvalitativní a kvantitativní posouzení složení mastných kyselin (MK) ve svalovině ryb. Obsah tuků a kompozice MK ukazuje na způsob, jakým způsobem (na jaké potravě) ryby vyrostly, a tím se podílí na prokázání způsobu využití přirozeného potenciálu rybníku (zooplanktonu, zoobentosu) chovanými rybami, úlohu dodávaného doplňkového krmiva (především obilí) ve výživě ryb, a v rámci tohoto projektu pak na posouzení negativního vlivu přítomnosti střevličky na kvalitu odchovaného kapra (z hlediska odlišného obsahu tuků a kompozice MK) oproti kontrolní skupině kaprů odchovaných bez přítomnosti střevličky.

Z každého experimentálního rybníku bylo po výlovu odebráno a následně zanalyzováno v laboratoři výživy ryb FROV JU během konce září až prosince 2020 vždy 10 ks kaprů (celkem 60 ks). Každá ryba byla změřena, zvážena a zfiletována. Získaná svalovina byla zhomogenizována a zpracována pro extrakci lipidů na základě metody Hara a Radin (1978) s mírnou modifikací (Mraz a Pickova, 2009). Lipidová fáze byla přenesena do předem zvážených zkumavek a následně odpařena pomocí dusíku. Obsah lipidů byl kvantifikován gravimetricky. K analýze MK byla nutná metylace celkových lipidů. Ta byla provedena podle metody Appelqvista a kol. (1968). Jako vnitřní standard byl použit FAME C 23: 0. Složení MK bylo analyzováno plynovou chromatografií (GC) (Trace Ultra FID; Thermo Scientific, Milán, Itálie) za použití kapilární kolony BPX-70 50 m (id. 0,22 mm, tloušťka filmu 0,25  $\mu\text{m}$ , SGE, USA). Identifikace a kvantifikace MK byla provedena v Thermo Xcalibur 3.0.63 (Thermo Fisher Scientific Inc.) a to porovnáním retenčních časů a ploch píků s retenčními časy a plochami píků standardní směsi Supleco 37 Component



FAME mix (Sigma-Aldrich). Kalibrační křivky byly vytvořeny na základě 7 úrovní koncentrace (1000 ug / ml - 15ug / ml).

### **Použitá literatura:**

- Appelqvist LA (1968). Rapid methods of lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation for seed and leaf tissue with special remarks on preventing accumulation of lipid contaminants. *Arkiv for Kemi*, 28(6), 551-570.
- Hara A, Radin NS (1978). Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90(1), 420-426.
- Musil J, Kouřil J (2006). Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. *Edice metodik (Technologická řada) FROV JU*, 76, 23 p.
- Mraz J, Pickova J (2009). Differences between lipid content and composition of different parts of fillets from crossbred farmed carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(4), 615-623.

### **3.5 Statistické zpracování a vyhodnocení výsledků**

Metoda jednocestné analýzy variance (one-way ANOVA) s následným Tukey testem (program Statistica 12; StatSoft Inc., USA) byla použita k analýzám odlišností mezi jednotlivými rybníky z hlediska morfologicko-gravimetrických parametrů (TL, SL, W, Fulton) kaprů a candátů a obsahu celkového tuku ve svalovině vylovených kaprů. Dvouvýběrový t-test (program Statistica 12) byl použit pro porovnání individuálních produkčních ukazatelů (TL, SL, W a Fulton) a podílu tuku ve svalovině kaprů po výlovu v závislosti na uplatněném rybářském managementu (bezstřevličkový – 1, střevličkový – 2), kdy rybníky s daným managementem byly hodnoceny dohromady jako jedna experimentální skupina (1: Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní versus 2: Lusk, Sirotčí horní a dolní). Ke zhodnocení odlišností rybníků z hlediska fyzikálně-chemických vlastností vody (parametry – viz kapitola 3.3.3) a složení společenstev zooplanktonu a zoobentosu v závislosti na rybářském managementu byl použit Kruskal-Wallisův test (program Statistica 12).

Pro zhodnocení dat o složení mastných kyselin ve svalovině kaprů a morfometrických parametrů (TL, SL, W) kaprů po výlovu v závislosti na uplatněném rybářském managementu byly použity mnohorozměrné statistické analýzy provedené pomocí software CANOCO 4.5 (Biometrics, Plant Research International, Wageningen UR, Nizozemsko). Jednalo se o analýzy GC FID zpracovaných metodou PCA (principal component analysis) a RDA (redundancy analysis) a Monte-Carlo permutační test. Všechny testy byly provedeny na hladině významnosti  $p = 0,001$ .

## **4. Výsledky**

### **4.1 Kvalita vody**

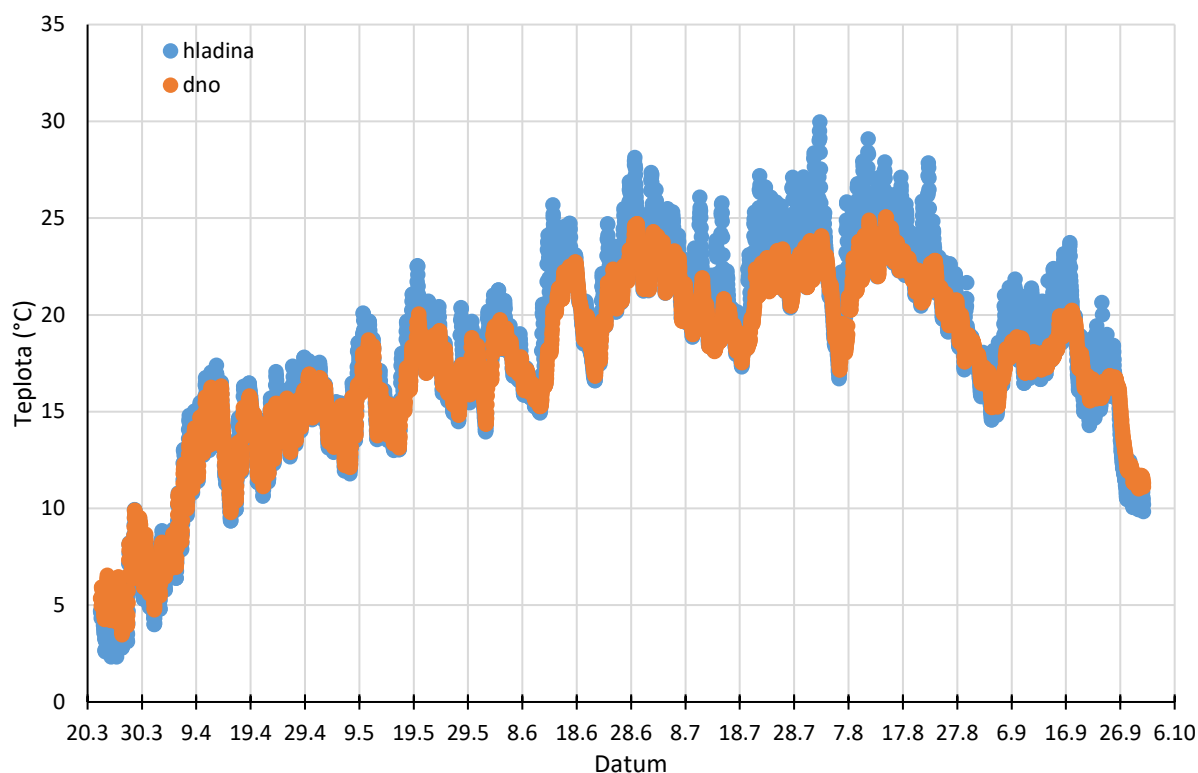
Fyzikálně-chemické vlastnosti vody v experimentálních rybnících byly v rámci vegetační sezóny monitorovány nejen za účelem nalezení a identifikace vlivu přítomnosti či absence střevličky východní na kvalitu vody v rybochovných rybnících, ale také pro analýzu obecného modelu sezónního průběhu a změn chemismu rybníků, které jsou vyvolané nejen uplatněným rybníkářským managementem, ale i dalšími vlivy (např. zemědělskou produkcí v okolí rybníků). Dále monitoring kvality vody probíhal za účelem identifikace odlišností experimentálních rybníků mezi sebou (hledání specifik každého rybníku) vlivem jejich morfologie, hydrologie, lokace v krajině i na soustavě apod., tj. odlišností nemajících souvislost s přítomností/absencí střevličky.





#### 4.1.1 Průběh teplotního režimu v experimentálních rybnících během sezóny

Kontinuální monitoring teploty vody během celé sezóny, který simultánně probíhal ve dvou vertikálních profilech (hladina, dno) na všech rybnících, odhalil, že z hlediska průběhu teplotního režimu se od sebe experimentální rybníky velice lišily (Obr. 1 – 6). Lusk, vzhledem ke své větší hloubce vody a tím vyšší stálosti vůči výkyvům počasí, jevil po celou dobu experimentu stále teplotní podmínky v podobě stratifikovaného vodního útvaru, v němž se nemíchají vodní masy (Obr. 4). Teploty u dna a na hladině se nesetkávaly, rozdíl byl mezi nimi vždy v průměru 3-5°C. K teplotnímu míchání došlo pouze dvakrát, a to během jara (přelom dubna/května a v první polovině května). Sirotčí dolní a horní (Obr. 5 a 6), spolu s Buchhamerem (obr. 2) měly po celou dobu experimentu poměrně stratifikovaný vodní sloupec, s občasným mícháním během jara a léta (zhruba 4-5x došlo k promíchání). Na rozdíl od Lusku, vlivem menší hloubky, byl teplotní rozdíl mezi hladinou a dnem nižší, v průměru 1-2°C. Nicméně na Buchhameru došlo k zajímavé epizodě během druhé poloviny vrcholu sezóny (pozdní léto), kdy pravděpodobně vlivem větrného počasí docházelo po dobu 4 týdnů (polovina srpna-polovina září) ke kontinuálnímu promíchávání vodních mas a teploty vody v celém vodním sloupci byly shodné. Nejkomplikovanější situace z hlediska průběhu teplotního režimu byla zjištěna na rybnících Šamonický dolní (Obr. 3) a Prostřední Koupě (Obr. 1), kde docházelo k míchání vodních mas prakticky neustále během celé sezóny. To se projevilo také neustále vyšším zákalem vody (nižší průhledností). Důvodem může být jak relativně malá hloubka vody (a vysoké zabahnění obou rybníků), tak i vysoká expozice obou rybníků větrným podmínkám. Při každé pravidelné návštěvě za účelem monitoringu fyzikálně-chemických vlastností vody, odlovu kaprů, střevlíček, zooplanktonu,...totiž na obou rybnících silně foukalo. Dílčí výjimku tvořilo jen vrcholné léto, kdy teplota hladiny byla vyšší (a u dna nižší) vlivem vysoké expozice obou rybníků slunci.



Obr. 1: Průběh teplot na rybníku Prostřední Koupě kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.



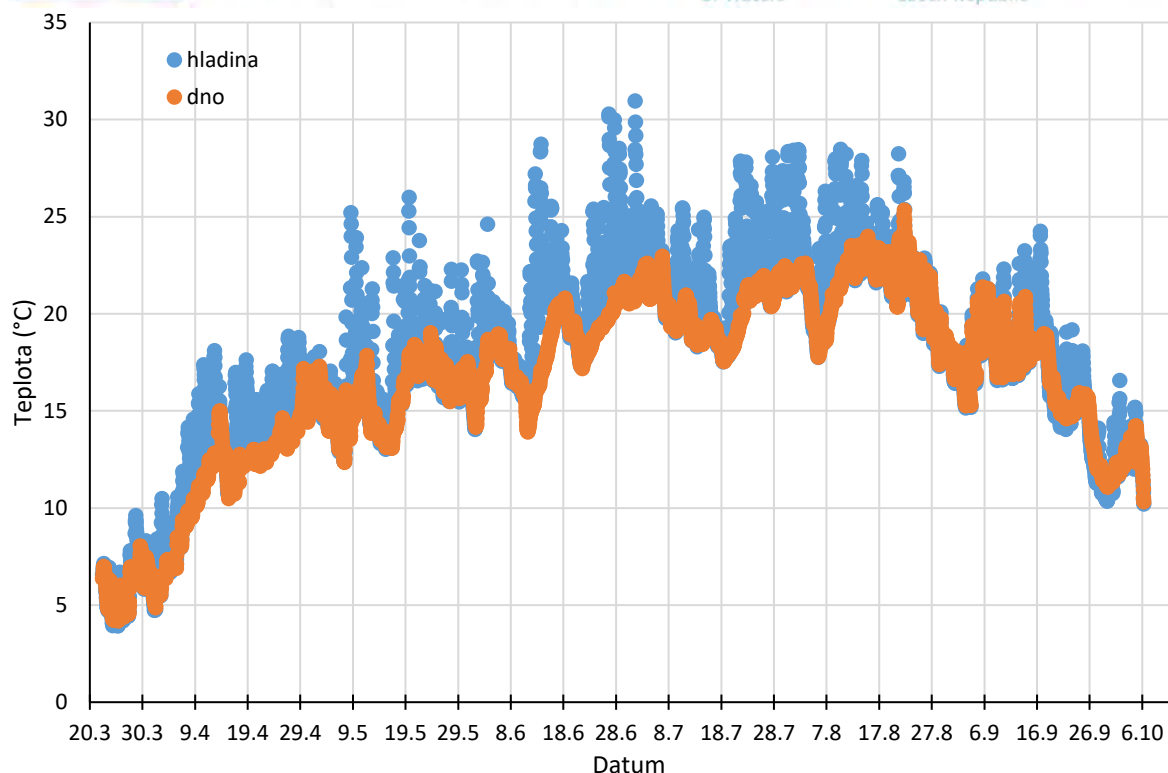


EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství

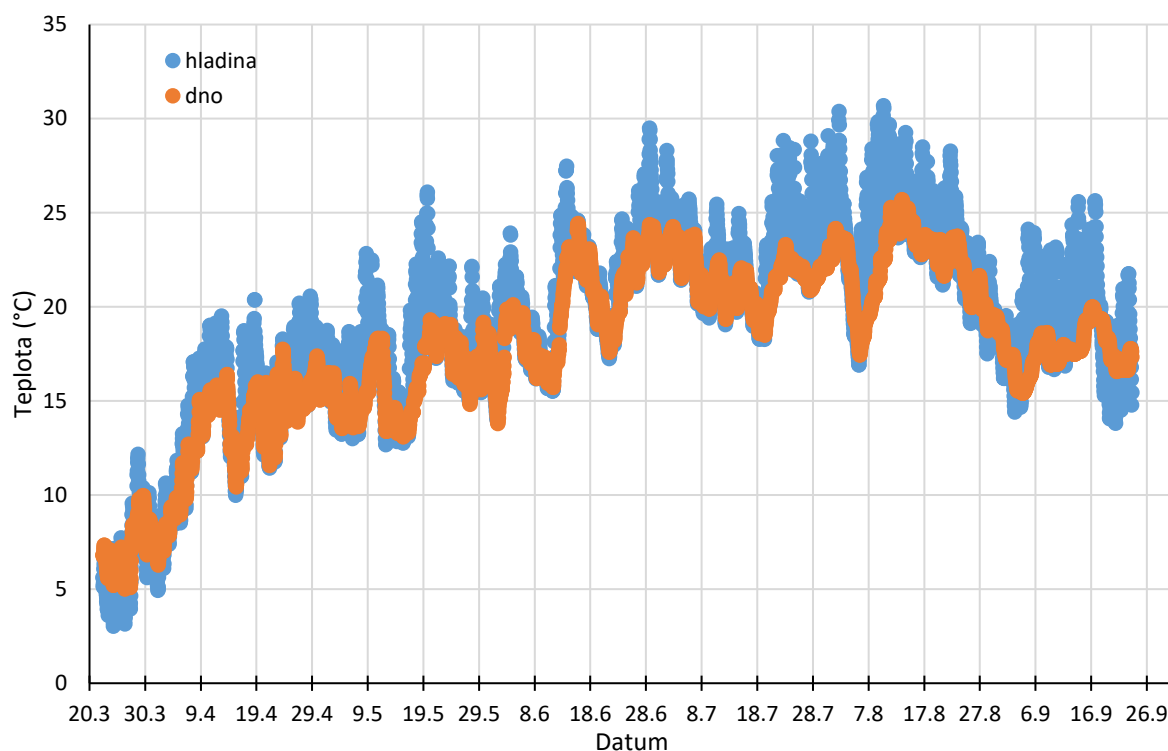


Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

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



**Obr. 2:** Průběh teplot na rybníku *Buchhamer* kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.



**Obr. 3:** Průběh teplot na rybníku *Šamonický dolní* kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.

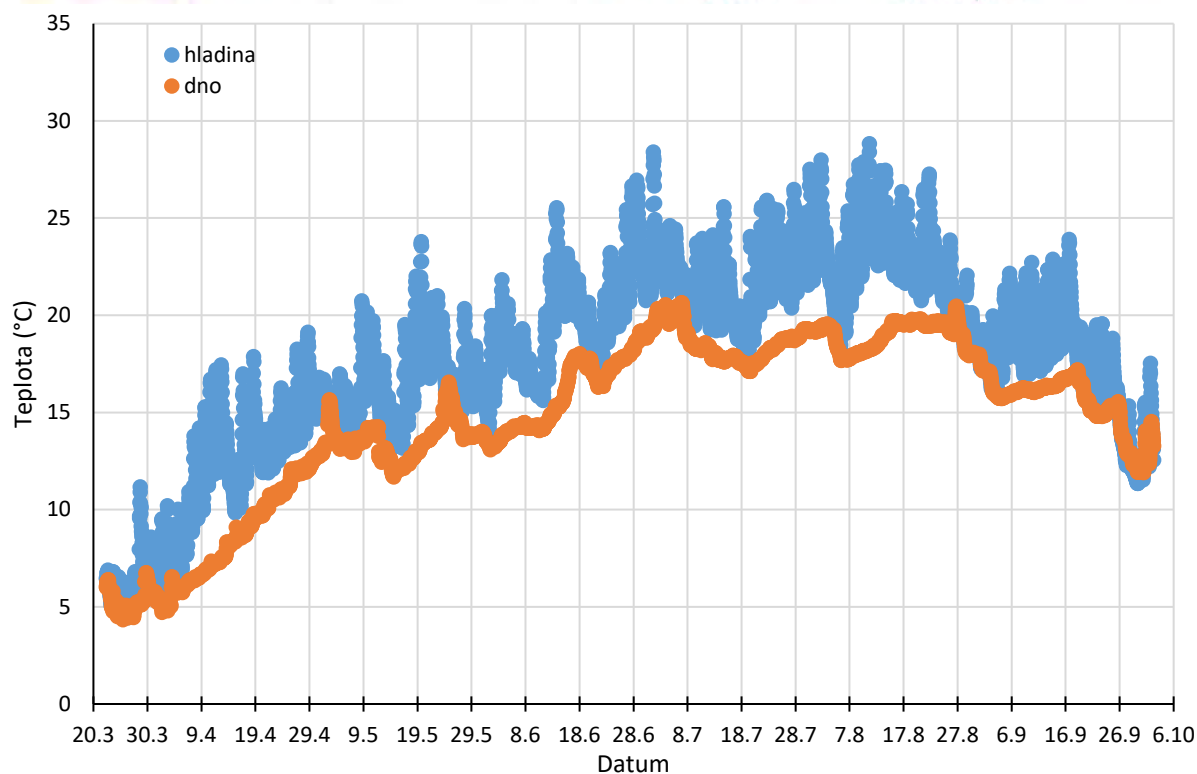


EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství

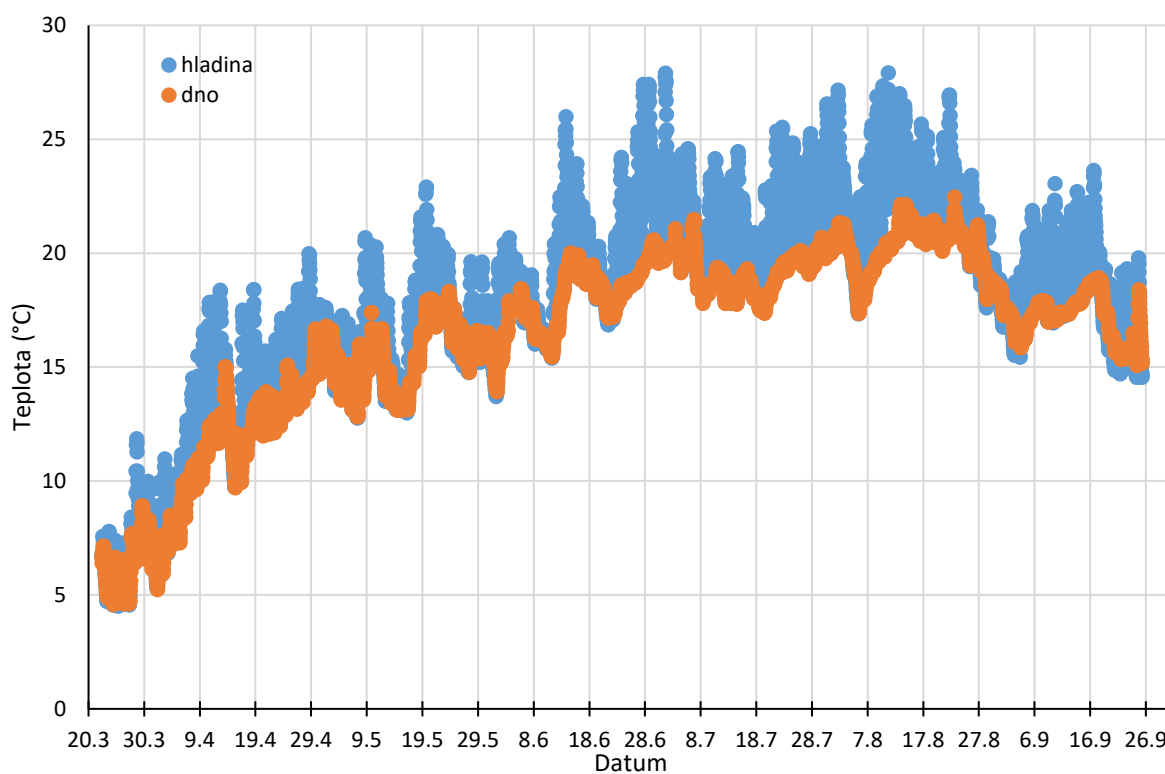


Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

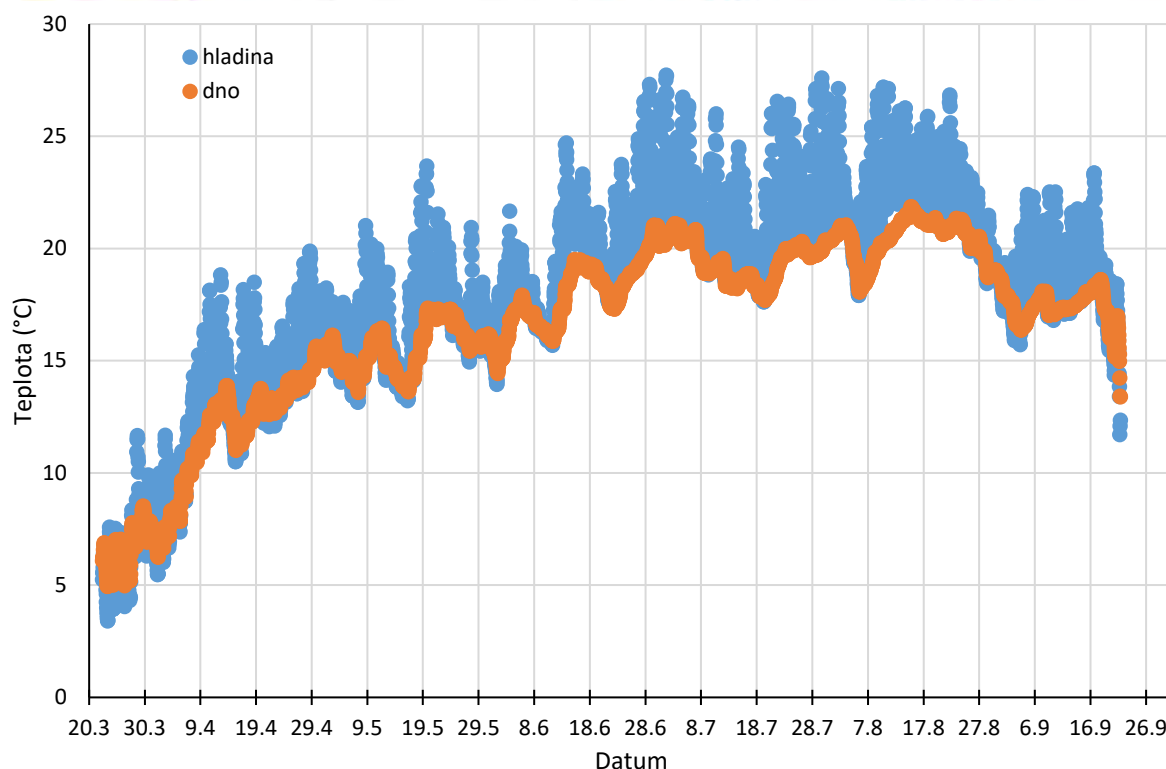
Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic



**Obr. 4:** Průběh teplot na rybníku Lusk kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.



**Obr. 5:** Průběh teplot na rybníku Sirotčí horní kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.



**Obr. 6:** Průběh teplot na rybníku Sirotčí dolní kontinuálně měřený ve 2 vertikálních profilech vodního sloupce (u hladiny a dna) u výpustního zařízení na hrázi.

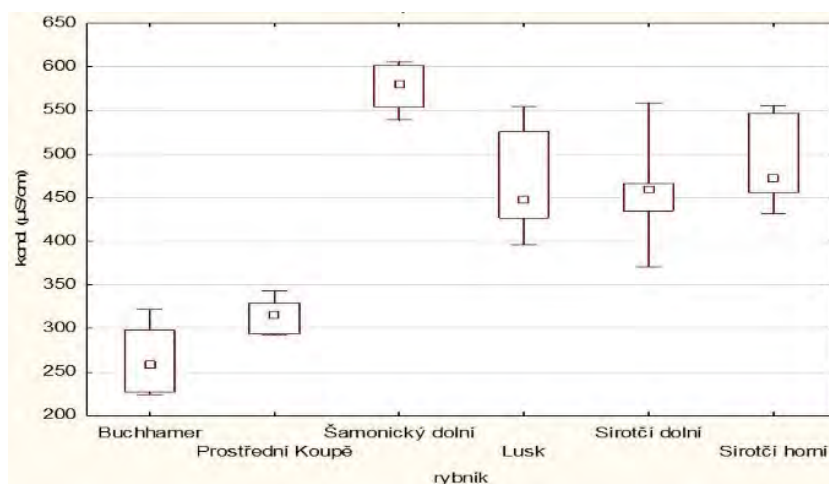
#### **4.1.2 Ostatní fyzikálně-chemické vlastnosti vody v experimentálních rybnících během sezóny: efekt přítomnosti/absence střevličky**

Z hlediska analýz fyzikálně-chemických vlastností vody rybníků během sezóny byl patrný smíšený efekt vlivu obecných vlastností rybníku (morfologie, lokace v krajině a na soustavě, stav zabahnění), efektu rybníkářského managementu (přítomnost či absence střevličky) a ostatních antropogenních faktorů (především zemědělské produkce v okolí rybníků). Nelze tak popsat jednoznačné, čisté trendy změn fyzikálně-chemických vlastností vody rybníků vyvolané jen vlivem přítomnosti či absence střevličky. Avšak v tomto ohledu je nezbytné zdůraznit, jak vyplývá z výsledků monitoringu kvality vody, že přítomnost střevličky měla vliv na chemismus vody rybníků a to sekundární (zprostředkovaný), nikoliv primární, tzn., střevlička svojí činností něco sama aktivně neměnila (rytím ve dně, vylučováním exsudátů apod.). Zprostředkovaný vliv střevličky na fyzikálně-chemické vlastnosti vody v rybnících spočíval v silném vlivu (dopadu) na biotu rybníku (viz kapitola 4.2) a následně pak na samotné rybníční prostředí. Jednalo se jak o vliv na společenstva zooplanktonu (prožrání, vyžrání, destrukce velkých druhů zooplanktonu) a zoobentosu, ale také o vliv na chování kapra (vyvolání kompetice o potravu, přinucení kapra k silné rycí aktivitě ve dně díky totálnímu vyžrání hrubého zooplanktonu, parazitismus na kaprovi). To následně vyvolalo změny v koncentraci a formách jednotlivých prvků v rybníční vodě, změny toku prvků (N a P) v rybníku (eliminace účinného přenosu P do těl kaprů, nadbytečné uvolňování P ze sedimentů dna do vodního sloupce) a změny ve zdravotním stavu kaprů (viz kapitola 4.5).

Z důvodu velkého objemu dat není možné v rámci předložené závěrečné zprávy prezentovat veškeré zjištěné výsledky, ale jsou prezentovány jen vybrané, nejvýznamnější výsledky.



Hodnoty průměrné vodivosti (konduktivity) vody za experimentální sezónu se lišily mezi rybníky ( $p = 0,001$ ; Obr. 7), nikoliv však v důsledku přítomnosti/absence střešníčky, ale vlivem kvality vody v povodí nad rybníkem, a především pak také přítomností zemědělské činnosti v okolí rybníků. Nízké hodnoty vodivosti vykazoval Buchhamer s lesním povodím (první v soustavě, lesy nad rybníkem, žádná polnohospodářská činnost nad rybníkem) a Prostřední Koupě (první na soustavě, louky nad rybníkem, žádná polnohospodářská činnost nad rybníkem). Vyšších hodnot vodivosti nabývaly Lusk a Sirotčí horní a dolní ležící na jedné soustavě (nad nimi 2 menší rybníky, polointenzivní zemědělská činnost na polích a louky v povodí nad nimi). Jednoznačně nejvyšších hodnot konduktivity dosahoval Šamonický dolní (v průměru téměř  $600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Pro tuto skutečnost nebyl zdánlivě důvod (druhý rybník na soustavě, velice krátké povodí, nad ním jen jeden malý rybník bez intenzivní rybářské produkce – v roce 2020 nebyl zcela napuštěný, násada jen líní, povodí lesní a luční). V těsném sousedství rybníku však leží pole (pěstování řepky) a zemědělské družstvo (při dvou návštěvách rybníku byla na pole v okolí rybníku aplikována kejda rozstříkem).

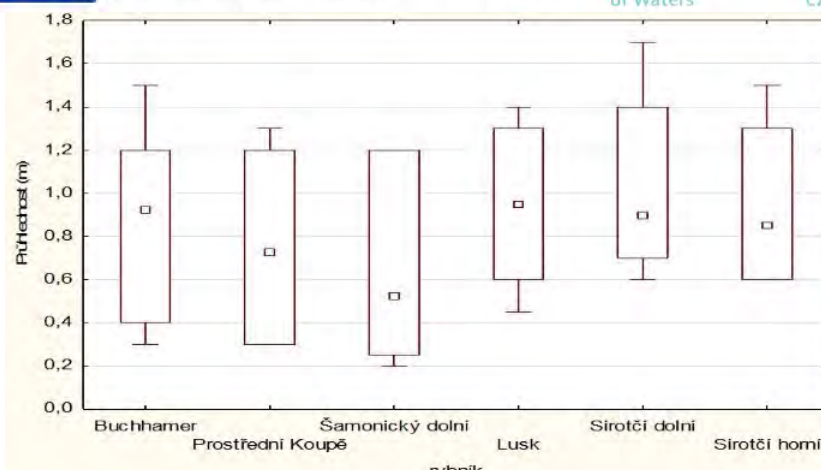


**Obr. 7: Vodivost (konduktivita) vody (průměr za sezónu  $\pm$  S.D.;  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ).**

Bezstřešníčkový management – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střešníčkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní

Jak je patrné z obr. 8, průhlednost vody v rybníku je funkcí přítomnosti hrubého zooplanktonu (převážně r. *Daphnia* sp.) jako významného filtračního činitele (viz kapitola 4.2). Vysoká průhlednost vody (a následně i sekundární produkce) byla dosažena u rybníků, kde po celou nebo část sezóny byly přítomné hrotnatky r. *Daphnia*. Po jejich zmizení (vyžrání) došlo ke zhoršení průhlednosti vody. Svou roli však hraje i efekt míchání vodních mas větrem u mělkých rybníků (Prostřední Koupě, Šamonický dolní), kde i přes přítomnost velkých zooplanktonních filtrátorů z r. *Daphnia*, byla průhlednost vody po celou sezónu nižší.

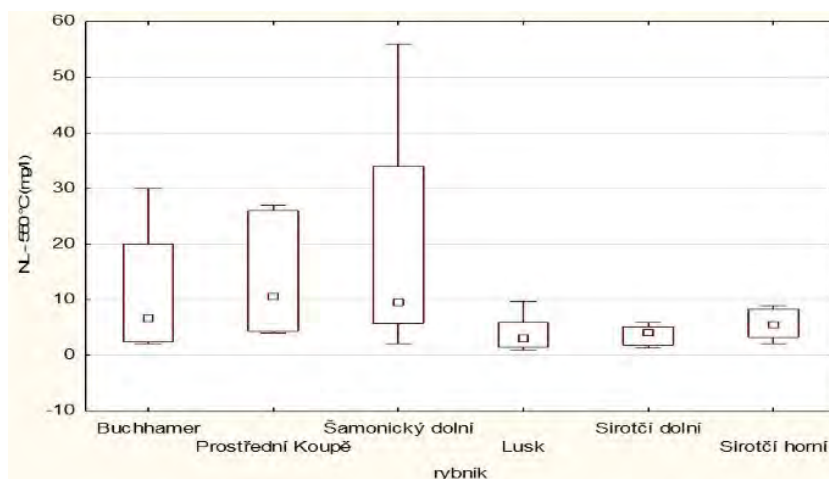




**Obr. 8: Průhlednost vody (průměr za sezónu  $\pm$ S.D.; m) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ).**

Bezstřevličkový management – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střevličkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní

Podobné závislosti jako u průhlednosti vody, bylo dosaženo i v případě koncentrace nerozpuštěných látek a to jak NL-105°C, tak i NL-550°C (Obr. 9), kdy v rybnících s bezstřevličkovým managementem byly koncentrace nerozpuštěných látek statisticky průkazně vyšší než u rybníků se střevličkovým managementem ( $p = 0,001$ ). Důvodem je mnohem vyšší množství přítomného zooplanktonu (korýšů bohatých na Ca, P, Mg, Si, aj.) ve vodním sloupci u bezstřevličkových rybníků, které se projevilo po spálení vzorku i vyšším množstvím nespálené frakce vzorku (popeloviny).



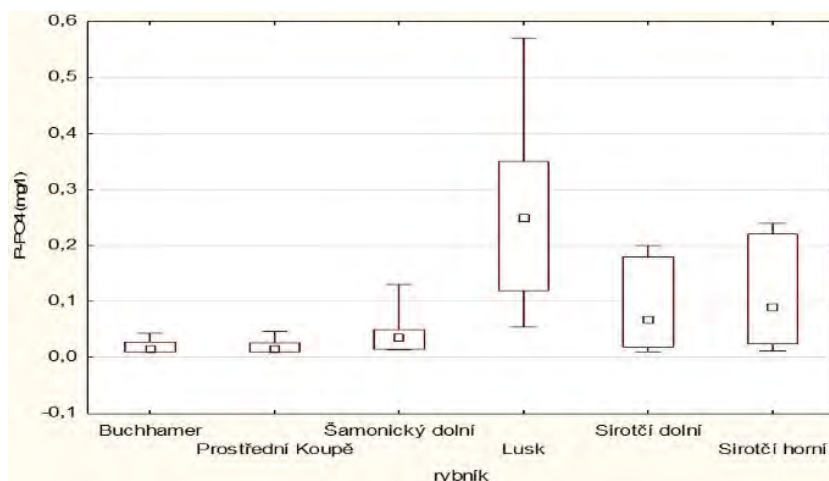
**Obr. 9: Koncentrace nerozpuštěných látek NL-550°C (průměr za sezónu  $\pm$ S.D.; mg.l<sup>-1</sup>) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ).**

Bezstřevličkový management – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střevličkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní

Přesně opačná závislost než v případě nerozpuštěných látek, byla pozorována v případě koncentrace ortofosfátů/reaktivního fosforu i fosforečnanového fosforu (Obr. 10), kdy rybníky se střevličkovým managementem měly statisticky průkazně vyšší koncentrace fosforečnanů než rybníky s bezstřevličkovým managementem ( $p = 0,001$ ). Důvodem je rychlejší cyklus fosforu (rychlejší roztáčení cyklu), kterého se navíc účastní větší množství z celkového fosforu v rybníku přítomného, u rybníků se střevličkovým managementem.



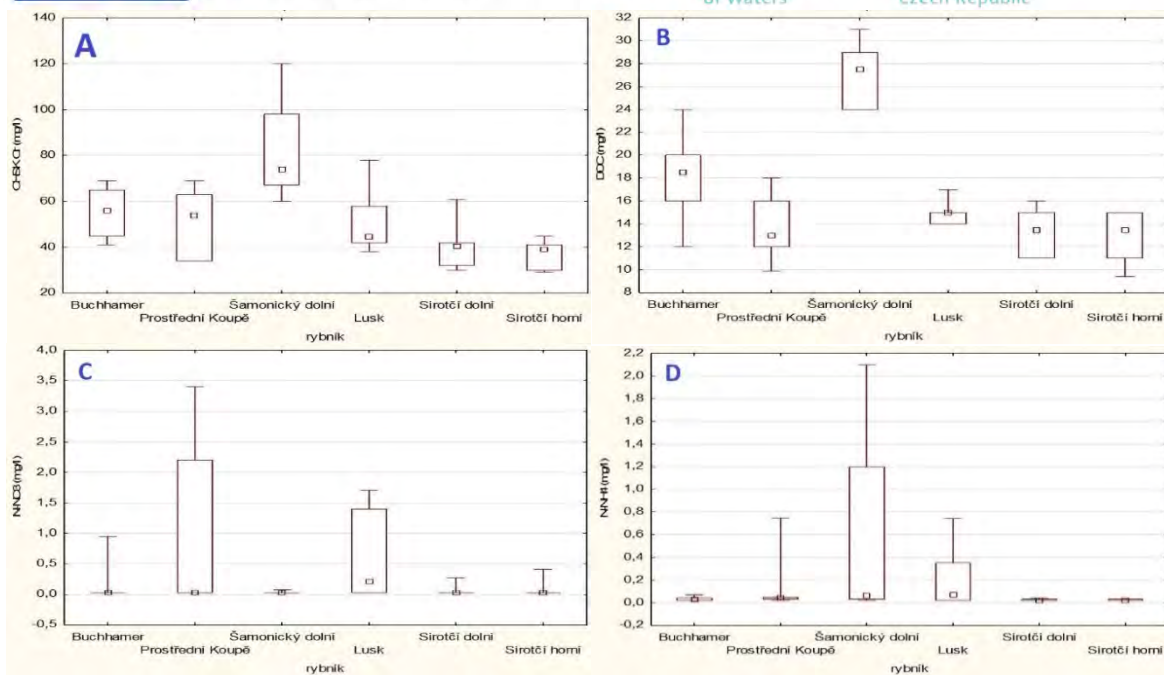
Důvodem je nedostatek/absence zooplanktonu (za normální situace recipienta fosforečnanů), intenzivní rycí aktivita kaprů hledajících bentos za absentující zooplankton, kombinovaná s nízkým obsahem kyslíku a dusičnanů u dna (obr. 11C). Všechny tyto tři parametry pomáhají v rybnících se střevličkovým managementem velice intenzivně aktivovat fosfor uložený v sedimentech dna, který přechází do své mobilní fáze, zvyšuje se tak podíl reaktivního fosforu a zhoršuje se kvalita vody.



**Obr. 10: Koncentrace fosforečnanového fosforu (průměr za sezónu  $\pm$ S.D.;  $\text{mg.l}^{-1}$ ) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ).**

Bezstřevličkový management – Prostřední Koupě, Buchamer, Šamonický dolní; Střevličkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní

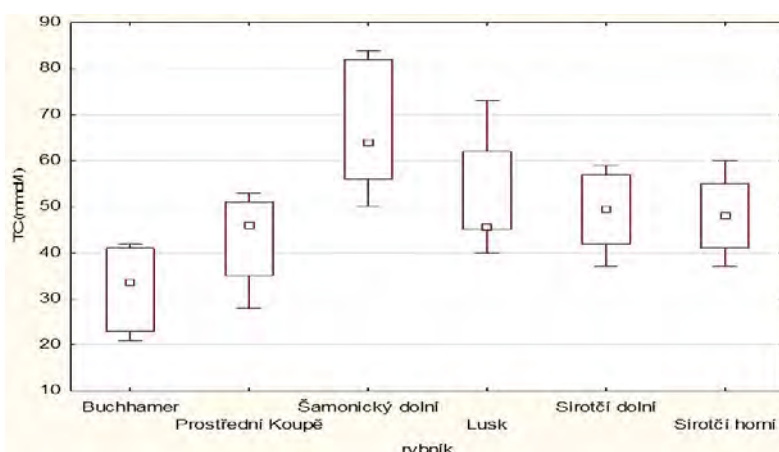
Zvláštní postavení mezi experimentálními rybníky z hlediska chemismu vody měl rybník Šamonický dolní, jehož fungování během sezóny a následně rybářské produkce bylo silně ovlivněno jinými faktory než rybářským managementem a přítomností/absencí střevličky. Na základě všech analýz lze říci, že se jednalo o rybník se silně nestabilním prostředím, kde docházelo k pravidelnému míchání vody v průběhu celé sezóny (viz kapitola 4.1.1), průhlednost byla nižší ve srovnání s ostatními rybníky ( $p = 0,001$ ; viz Obr. 8), primární produkce byla nízká (díky limitaci světlem), následně sekundární produkce byla nízká, která byla následně velice rychle zcela využita (rybník byl rychle „prožraný“). Dále tento rybník jevil známky permanentního „přidušení“ během celé sezóny – např. vysoká vodivost (Obr. 7), chemická spotřeba kyslíku (Obr. 11A), koncentrace rozpuštěného uhlíku (Obr. 11B) či amoniakálního dusíku (Obr. 11D). Koncentrace dusičnanového dusíku byla naopak nulová (Obr. 11C), potřebné dusičnany tak zcela chyběly, a to v průběhu celé sezóny. K „přidušení“ rybníku přispěly nejen parametry diskutované v kapitole 4.1. (mělkost, zabahněnost, exponovanost větrům), ale také intenzivní zemědělská produkce (širokořádkové plodiny, aplikace kejdy na pole, pole ve svahu nad rybníkem...) v bezprostředním okolí rybníku. Dále tento rybník ztrácel vodu během sezóny (cca 40 cm) – především díky průsaku hráze a velice nízkému přítoku.



**Obr. 11:** Chemická spotřeba kyslíku (A; CHSKCr; mg.l<sup>-1</sup>), koncentrace rozpuštěného uhlíku (B; DOC; mg.l<sup>-1</sup>), dusičnanového dusíku (C; N-NO<sub>3</sub>; mg.l<sup>-1</sup>) a amoniakálního dusíku (D; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; mg.l<sup>-1</sup>) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ). Data jsou prezentována jako průměr za sezónu  $\pm$ S.D.

Bezstřevličkový management – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střevličkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní

Zajímavé postavení měl i rybník Buchhamer, který kromě vlastností popsanych výše v souvislosti s nízkou konduktivitou, jevil známky dystrofie. Během celé sezóny zde prakticky chyběl dusičnanový dusík (obr. 11C) a koncentrace fosforečnanů (Obr. 10) i uhlíku (Obr. 12) byly velice nízké. Podstatný vliv na jeho fungování měla pravděpodobně depozice odumřelého rostlinného materiálu – dubového listí, které pokrývalo v šířce několika cm celé jeho dno (viditelné po výlovu).



**Obr. 12:** Koncentrace celkového uhlíku (průměr za sezónu  $\pm$ S.D.; mg.l<sup>-1</sup>) v jednotlivých experimentálních rybnících lišících se rybářským managementem ( $p = 0,001$ ). Data jsou prezentována jako průměr za sezónu  $\pm$ S.D.

Bezstřevličkový management – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střevličkový management – Lusk, Sirotčí horní a dolní



## 4.2 Monitoring zooplanktonu a zoobentosu

Výsledky provedených analýz zooplanktonu a zoobentosu jednoznačně prokázaly nepříznivý vliv střevličky východní jak na produkci kapra obecného, tak na celý rybníční ekosystém. Bez ohledu na specifika jednotlivých rybníků, se všeobecně potvrdil silný vyžírací tlak střevličky a jeho nepříznivé důsledky na strukturu (druhové složení, abundanci a biomasu) jak zooplanktonu, tak zoobentosu (Obr. 13).

Jarní nástup zooplanktonu se projevil shodně nárůstem perlooček (Cladocera), zejména velkých hrotnatek rodu *Daphnia*, a to ve všech bezstřevličkových rybnících (Prostřední Koupě, Buchhamer a Šamonický dolní) a v rybníku Lusk, kde se zřejmě zooplankton rozvinul již přes zimu (rybník byl napuštěn již na podzim). Abundance *Daphnia* spp. od března rostla, nejvyšších hodnot v obou sledovaných experimentálních variantách (bezstřevličkový versus střevličkový management) dosáhla v květnu ( $173 \pm 38,01$  versus  $84 \pm 11,47$  ks.m<sup>-2</sup>; průměr $\pm$ S.D.) až červnu ( $160 \pm 39,258$  versus  $52 \pm 39,36$  ks.m<sup>-2</sup>). Zatímco v bezstřevličkových rybnících se velké perloočky (včetně r. *Daphnia*) vyskytovaly po celou sezónu, v rybnících se střevličkou všechny perloočky prakticky vymizely již v průběhu druhé poloviny června nebo v červenci a dále se zde již nevyskytovaly. V Dolním Šamonickém (bezstřevličkový management) však byly hrotnatky zčásti nahrazeny menším druhem *Ceriodaphnia quadrangula*.

Rovněž v zastoupení klanonožců (Copepoda) byly patrné nápadné rozdíly mezi střevličkovými (nižší počty) a bezstřevličkovými (vyšší počty) rybníky, ovšem většinu populací buchanek tvořili nedospělí jedinci (kopepoditová stádia). Vznášivky *Eudiaptomus gracilis* (zástupci klanonožců) byly zastoupeny jen v letním období. V Dolním Šamonickém rybníce byla ve srovnání s ostatními bezstřevličkovými rybníky abundance kopepoditových stádií mnohonásobně vyšší ke konci vegetační sezóny, dosahovala hodnot 1239 (srpen), respektive 915 (září) ks.l<sup>-1</sup>. Naproti tomu abundance naupliových stádií klanonožců se jak mezi oběma experimentálními variantami mezi sebou, tak i v rámci jednotlivých rybníků výrazně nelišily a nebyly tak ovlivněny přítomností střevličky ani historií rybníku.

U vířníků jsme zjistili prakticky shodné druhové zastoupení a obdobný sezónní nárůst počtů ve všech rybnících, tj. nebyl rozdíl v závislosti na experimentálním designu. Neprokázali jsme tedy žádný vliv střevličky východní na druhové složení ani početnost vířníků.

Výsledky experimentu tak jednoznačně prokázaly významný vyžírací tlak shora (tzv. top-down efekt) střevličky východní na planktonní korýše, zejména velké zástupce rodu *Daphnia* a další druhy perlooček (Cladocera). Úplná eliminace perlooček ve druhé polovině vegetační sezóny ve střevličkových rybnících zřejmě přispěla ke zhoršenému růstu kapra, a také ke zvýšenému vyžírání zoobentosu (viz dále).

V biomase makrozoobentosu se zřejmě částečně projevila také morfologie (maximální hloubka a kyslíkový režim) a historie (podzimní vs. jarní výlov) jednotlivých rybníků, resp. kvalita sedimentu. Tyto parametry ovlivnily podíl permanentní (Oligochaeta – máloštetinátí kroužkovci, v Lusku též Nematoda – hlístice) a dočasné (Chironomidae – pakomáři) fauny dna. S výjimkou Lusku majícího větší průměrnou hloubku a vysoký podíl permanentní fauny (od podzimu byl na vodě), počáteční jarní biomasa bentosu (duben: cca 0,5 g.m<sup>-2</sup>) vzrostla do června několiknásobně (v průměru na 4 g.m<sup>-2</sup> v bezstřevličkových, resp. na 2 g.m<sup>-2</sup> ve střevličkových rybnících). Ke konci vegetačního období (srpen) se biomasa u obou experimentálních variant snížila, především pak v rybnících se střevličkou.

Zatímco abundance permanentní fauny ve většině rybníků v sezóně narůstala postupně, v Dolním Šamonickém a Dolním Sirotcím tvořila Oligochaeta výrazná maxima již v červnu (zastoupeno především juvenilní podčeledí Tubificinae - nítěnky) s následným poklesem do srpna. Podobný trend s výrazným červnovým maximem měly abundance





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



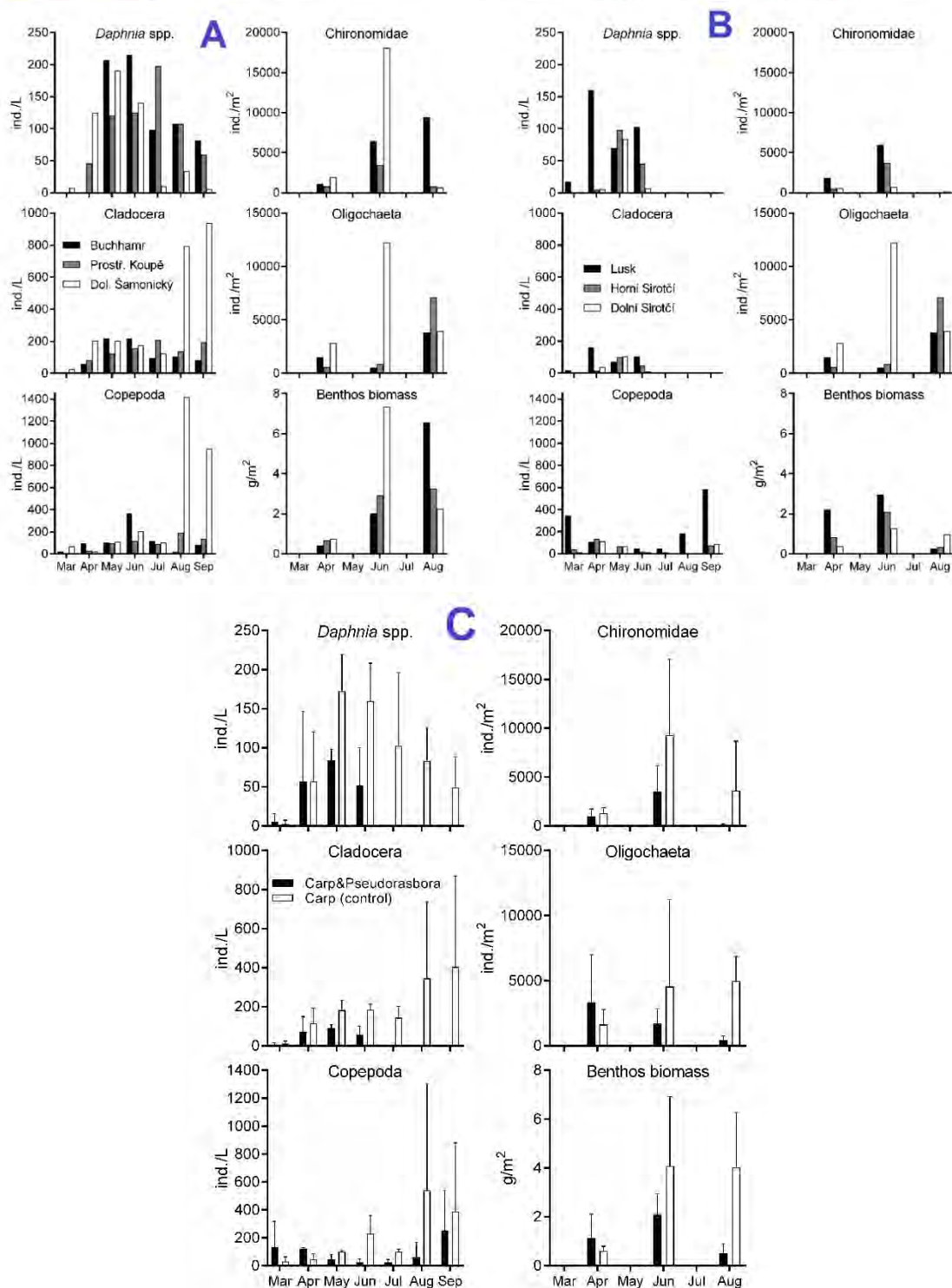
Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

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

pakomárů ve většině rybníků (kromě Buchhameru). Rozdíl mezi experimentálními variantami (střevličkový x bezstřevličkový management) však byl zcela zásadní v absolutní početnosti pakomárů. Ve střevličkových rybnících byly počty pakomárů řádově nižší než v těch bezstřevličkových. V srpnovém odběru dosahovala abundance v bezstřevličkových rybnících od 18 (Lusk) do 195 (Sirotečí horní) ks.m<sup>-2</sup>. Úbytek pakomárů na konci vegetačního období u obou experimentálních skupin byl zřejmě kombinovaným důsledkem jak metamorfózy larev v dospělce a následného opuštění dospělců vodního prostředí, tak predace chovanými kapry.

Výsledky experimentu tak jednoznačně prokázaly rovněž významný predací tlak ryb vůči zoobentosu. Přestože jsme zjistili výrazně nižší hodnoty biomasy i početnosti zoobentosu ve střevličkových rybnících, je pravděpodobně vliv střevličky východní na společenstvo dna spíše nepřímý. Eliminace planktonních korýšů střevličkou (viz výše) vytváří totiž značný konkurenční tlak na kapra, který je v takové situaci nucen se více orientovat na vyhledávání bentických potravních zdrojů, včetně pakomárů. Naproti tomu časté anoxie v hlubokém rybníku (viz Lusk) mohou do jisté míry chránit permanentní faunu dna (Nematoda – hlístice, Oligocheta – máloštětinatí kroužkovci aj.) před totální predací bentického společenstva rybami (kapry).





**Obr. 13.** Změna početnosti ( $\text{ks.l}^{-1}$ ) klíčových skupin rybníčního zooplanktonu (*Daphnia* spp. – hrotnatky r. *Daphnia*, Cladocera – ostatní perloočky, Copepoda – klanonožci; vše v  $\text{ks.l}^{-1}$ ) a zoobentosu (Chironomidae – pakomáři, Oligochaeta – máloštetinatci; vše v  $\text{ks.m}^{-2}$ ) a biomasy zoobentosu ( $\text{g.m}^{-2}$ ) v závislosti na typu managementu (bezdřevlíčkový – Carp, dřevlíčkový – Carp & Pseudorasbora) v průběhu sezóny.

Hodnocené parametry pro jednotlivé rybníky zvlášť jsou znázorněny v částech A (bezdřevlíčkové rybníky) a B (dřevlíčkové rybníky). Část C tvoří souhrn za bezdřevlíčkové (bílé sloupce) versus dřevlíčkové (černé sloupce) rybníky hodnocené dohromady podle uplatněného managementu.

Mar, březen; Apr, duben; May, květen; Jun, červen; Jul, červenec; Aug, srpen; Sep, září



### 4.3 Monitoring růstu kapra

Pomocí vrhací sítě byli kapři účinně odloveni až v průběhu května, kdy započali na krmných místech přijímat doplňkové krmivo (Tab. 3). Výjimku tvořila Prostřední Koupě, kde kapři měli v květnu k dispozici stále vysoké množství přirozené potravy a o nabízené doplňkové krmivo nejevili zájem. Odlovy v pozdějších fázích pokusu (během vrcholné sezóny) byly problematické, a to buď z důvodu intenzivního zárostu rybníků vodní vegetací (Siroťčí dolní), neatraktivitu doplňkového krmiva (Prostřední Koupě – ryby se zdržovaly a krmily v litorálu), nebo ostražitosti kaprů s přibývajícím věkem a zkušenostmi. Kapři se naučili na přítomnost člověka s vrhací sítí a zdržovali se na krmném místě a přijímali doplňkovou potravu pouze v noci. Odlovy tak musely být často opakovány s odstupem několika dní, a přesto ne vždy se úspěšně povedly. Tato metoda odlovu kaprů se tak neukázala jako optimální metoda. Z nasbíraných dat (s využitím počátečních hodnot při nasazení rybníků a konečných hodnot po výlovu rybníků) byl zrekonstruován růst kaprů v jednotlivých rybnících v průběhu sezóny – délkový růst na základě hodnot průměrné individuální celkové délky těla (TL; Obr. 14, body proloženy lineární funkcí), hmotnostní růst na základě hodnot průměrné individuální hmotnosti (W; Obr. 15, body proloženy exponenciální funkcí).

**Tab. 3. Počet kaprů ulovených při kontrolních odlovech do vrhací sítě na jednotlivých rybnících v průběhu experimentální sezóny.**

| Rybník        | Buchhamer        | Šamonický<br>dolní | Prostřední<br>Koupě | Lusk | Siroťčí<br>dolní | Siroťčí<br>horní |
|---------------|------------------|--------------------|---------------------|------|------------------|------------------|
| Datum         | Počet kaprů (ks) |                    |                     |      |                  |                  |
| 21.05.2020    | 4                | 10                 | 0                   | 1    | 7                | 14               |
| 17.06.2020    | 3                | 0                  | 4                   | 3    | 5                | 1                |
| 01.07.2020    | 10               | 5                  | 7                   | 7    | 4                | 3                |
| 22.07.2020    | 5                | 6                  | 1                   | 0    | 0                | 2                |
| 30.07.2020    | 2                | 1                  | 6                   | 9    | 0                | 1                |
| 19.08.2020    | 0                | 4                  | 1                   | 3    | 0                | 0                |
| 14.09.2020    | 3                | 1                  | 3                   | 0    | 0                | 0                |
| <b>Celkem</b> | 27               | 27                 | 22                  | 23   | 16               | 21               |

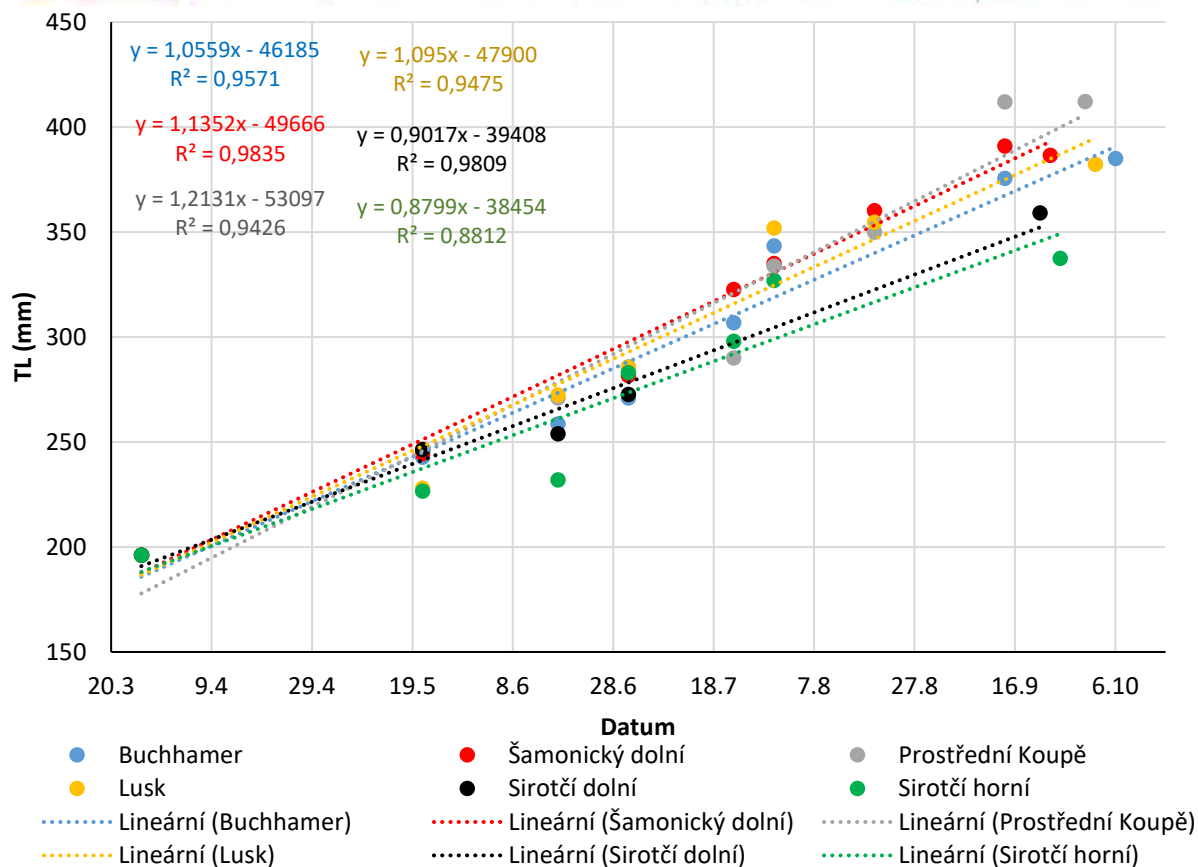


EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



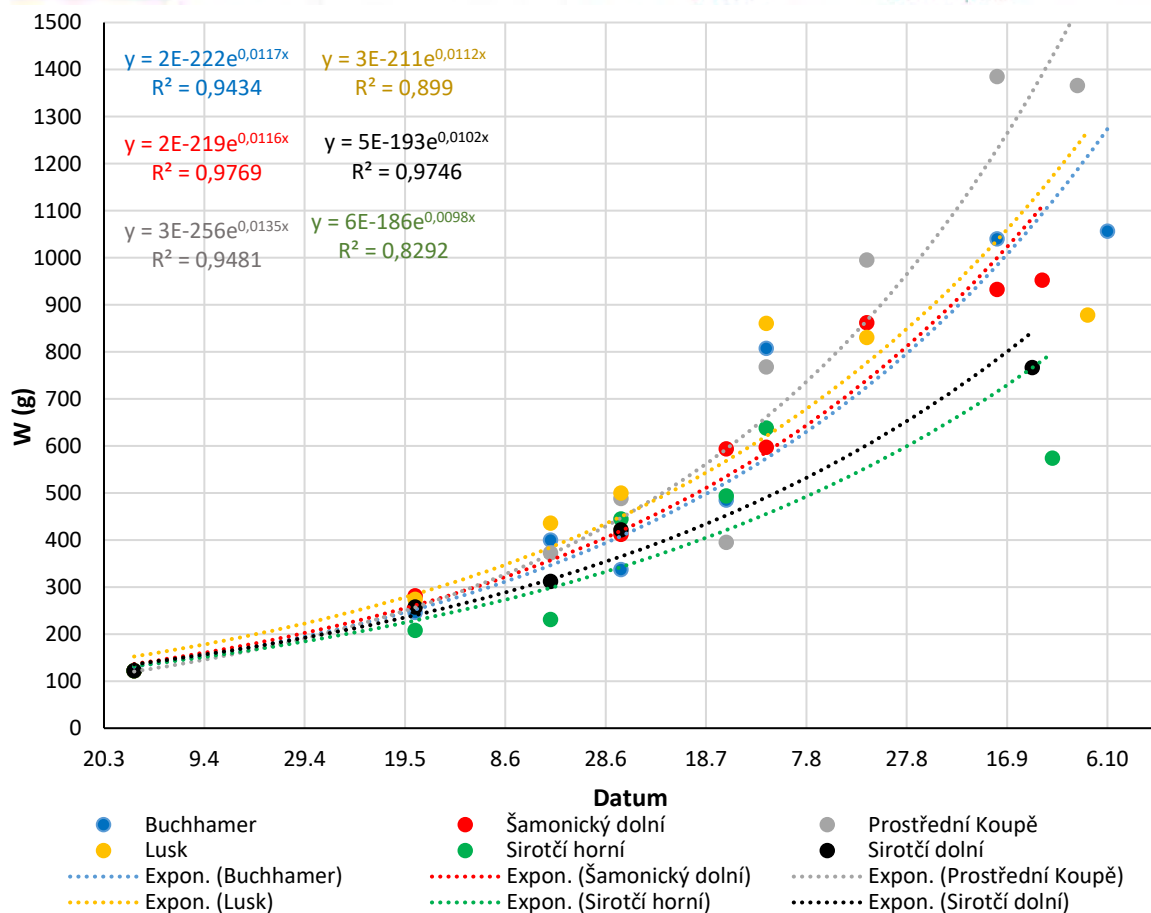
Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

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



**Obr. 14. Délkový růst (TL, celková délka těla; mm) kapra obecného v jednotlivých rybnících v průběhu experimentální sezóny.**

Data byla proložena lineární funkcí ( $y = a \cdot x + b$ ).  $R^2$ , regresní koeficient



**Obr. 15. Hmotnostní růst ( $W$ , individuální hmotnost; g) kapra obecného v jednotlivých rybnících v průběhu experimentální sezóny.**

Data byla proložena exponenciální funkcí ( $y = a \cdot e^{b \cdot x}$ ).  $R^2$ , regresní koeficient

#### 4.4 Monitoring výskytu střevličky

Pomocí hydrobiologické vrhací sítě byla přítomnost střevliček v rybnících se střevličkovým managementem potvrzena až od června 2020, mimo Lusku, kde byly střevličky odloveny již v průběhu května. Střevličky pak byly účinně odlovovány touto metodou až do konce experimentální sezóny (do výlovu rybníku). Úvodem je však také nezbytné podotknout, že hodnoty ulovených střevliček odlovených pomocí vrhací sítě však nelze brát jako závazná čísla pro výpočet aktuální početnosti a biomasy střevliček v rybníku z důvodu nemožnosti vzorkovat pelagiál vrhací sítě (bez vyplašení střevliček pohybem na lodi) a dále nemožnosti odlovit/zachytit plůdek střevličky. Ten díky své malé velikosti ( $TL = 13-16$  mm) propadá skrze oka vrhací sítě a síť s hustší síťovinou nelze použít, protože by síť nepropadla na dno (lze použít jen uhelonovou akvaristickou síťku pro vzorkování zarostlého litorálu). Pomocí této odlovné metody jsme však schopni pracovat s relativními čísly a popisovat trendy, v našem případě se jednalo o dva trendy. Za první byl zachycen jednoznačný trend navyšování početnosti střevliček v rybníku během sezóny, a tak i možný časový postup vyžírání tlaku střevličky na přirozenou potravu a konkurenční tlak střevličky na kapra. Tyto výsledky tak doplňují výsledky kapitoly pojednávající o monitoringu zooplanktonu a zoobentosu. Za druhé, jsme zachytili frekvenci rozmnožování střevličky, která se od konce dubna do konce srpna rozmnožovala kontinuálním způsobem a její početnost, a zvláště pak biomasa, přibývala exponenciálním způsobem – viz Tab. 4.



Bylo možné jen velmi těžko hledat hranice mezi věkovými kategoriemi plůdku, nicméně jsme potvrdili nejméně 4-5 (6) velikostních kohort tohoročních ryb (plůdku) střevličky ve všech rybnících se střevličkovým managementem.

Odchyt vrhací sítě je tak dobrá metoda při masivním rozvoji střevličky během vrcholné sezony. Její použití má však ještě jednu limitaci během jara a podzimu, a to v důsledku kombinace vlivů početnost střevličky a teploty vody. Na jaře, dokud nedojde k navýšení teploty, střevličky se nerozmnožují (mají nízkou početnost) a zároveň se zdržují na volné vodě (vyhýbají se litorálu), je prokázání přítomnosti střevliček v rybníku touto metodou velice limitující. Na konci vegetační sezóny (na podzim) pak, v souvislosti s tím, jak plůdek odroste a zároveň poklesne teplota vody, se střevličky zdržují opět v pelagiálu (viz Obr. 16) jako na jaře a je opět těžké je odlovit. Úlovek do vrhací sítě tak logicky poklesne (viz Tab. 4), i když ve skutečnosti střevlička dosahuje v rybníku často obrovské početnosti a biomasy (v řádu stovek  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  – viz data z výlovů rybníků).

K ulovení střevliček pomocí vrhací sítě došlo i v případě Prostřední Koupě, tj. rybníku s bezstřevličkovým managementem. Jednalo se však o velice vzácný jev. Dne 22.7.2020 byl odloven 1 ks, dne 22.9.2020 další 1 ks. Přítomnost střevličky ve velice nízkém (zanedbatelném) množství pak byla potvrzena v tomto rybníku i při výlovu (viz dále).

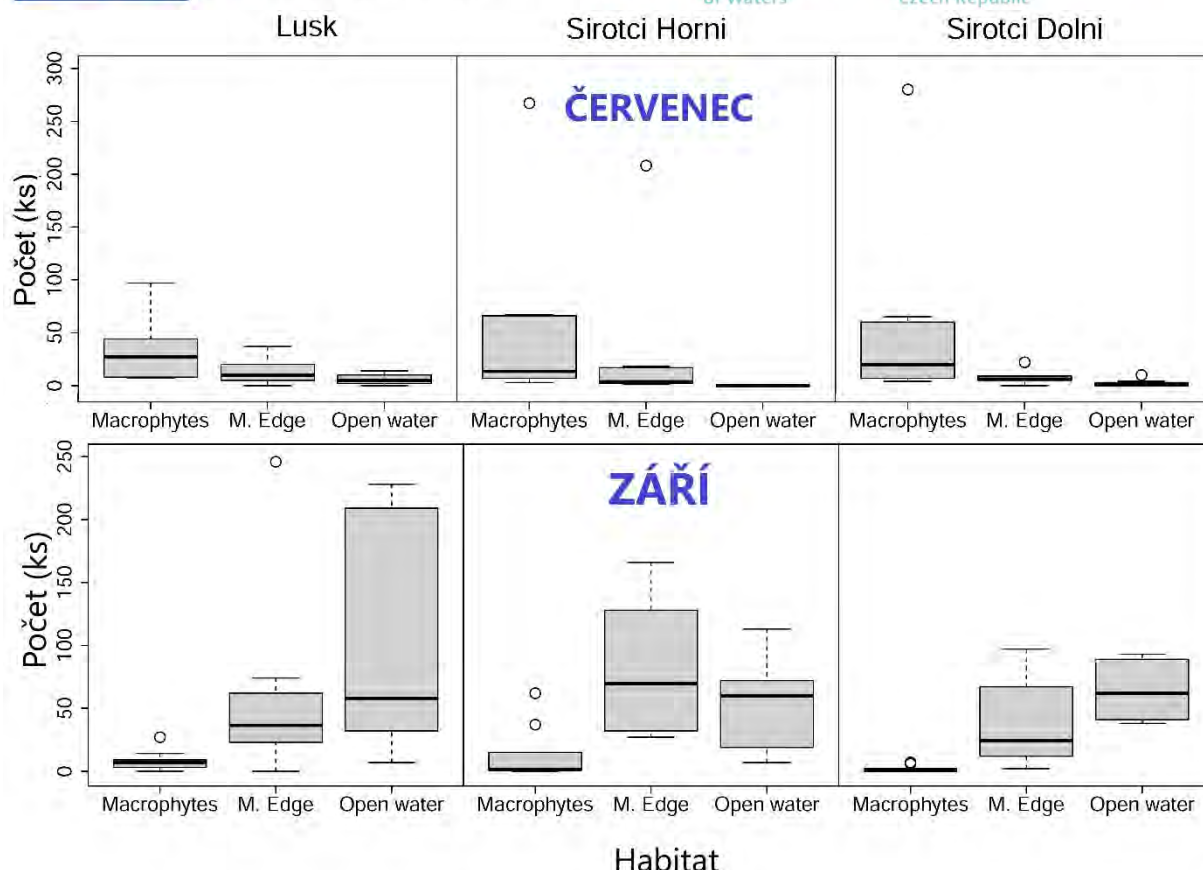
Pomocí odlovů do vrší byl potvrzen trend nárůstu stavu střevličky v rybnících se střevličkovým managementem, kdy střevlička mezi červencem a zářím (během 2 měsíců) téměř zdvojnásobila svou početnost a zčtyř- až zpětinasobila svou biomasu (viz Tab. 5). Střevličky v rybnících se střevličkovým managementem také mezi červencem a zářím celkově zvětšily svou velikost těla (větší hodnoty individuální délky těla), ale naopak snížily svou individuální hmotnost (viz Obr. 17). Nižší individuální hmotnost v září však může být i důsledkem snížené reprodukční činnosti (vlivem klesající teploty vody), projevující se sníženou produkcí pohlavních produktů a tím i váhou těla.

**Tab. 4. Počet a hmotnost střevliček východních odlovených v průběhu pravidelného monitoringu v rybnících se střevličkovým managementem pomocí hydrobiologické vrhací sítě.**

*Červené šipky ukazují vzestupný početní trend úlovku střevliček v čase.*

| Rybník               | Datum      | Celkový počet (ks) | Celková hmotnost (g) | Počet (ks.m <sup>-2</sup> ) | Váha (g.m <sup>-2</sup> ) | Poznámka (kohorty)   |
|----------------------|------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|
| <b>Lusk</b>          | 26.05.2020 | 73                 | 59,76                | 3,63                        | 2,97                      | dospělci a plůdek 0+ |
|                      | 17.06.2020 | 135                | 3,50                 | 6,72                        | 0,17                      | plůdek 0+            |
|                      | 22.07.2020 | 247                | 83,63                | 12,29                       | 4,16                      | dospělci a plůdek 0+ |
|                      | 18.08.2020 | 604                | 142,73               | 30,06                       | 7,10                      | dospělci a plůdek 0+ |
|                      | 16.09.2020 | 229                | 76,00                | 11,40                       | 3,78                      | dospělci a plůdek 0+ |
| <b>Sirotčí horní</b> | 17.06.2020 | 17                 | 0,45                 | 0,85                        | 0,02                      | plůdek 0+            |
|                      | 22.07.2020 | 319                | 15,79                | 15,87                       | 0,79                      | plůdek 0+            |
|                      | 18.08.2020 | 648                | 174,66               | 32,25                       | 8,69                      | dospělci a plůdek 0+ |
|                      | 16.09.2020 | 103                | 31,91                | 5,13                        | 1,59                      | dospělci a plůdek 0+ |
| <b>Sirotčí dolní</b> | 17.06.2020 | 33                 | 1,87                 | 1,64                        | 0,09                      | plůdek 0+            |
|                      | 22.07.2020 | 66                 | 5,52                 | 3,28                        | 0,27                      | plůdek 0+            |
|                      | 18.08.2020 | 264                | 65,34                | 13,14                       | 3,25                      | dospělci a plůdek 0+ |
|                      | 16.09.2020 | 18                 | 12,34                | 0,90                        | 0,61                      | dospělci a plůdek 0+ |



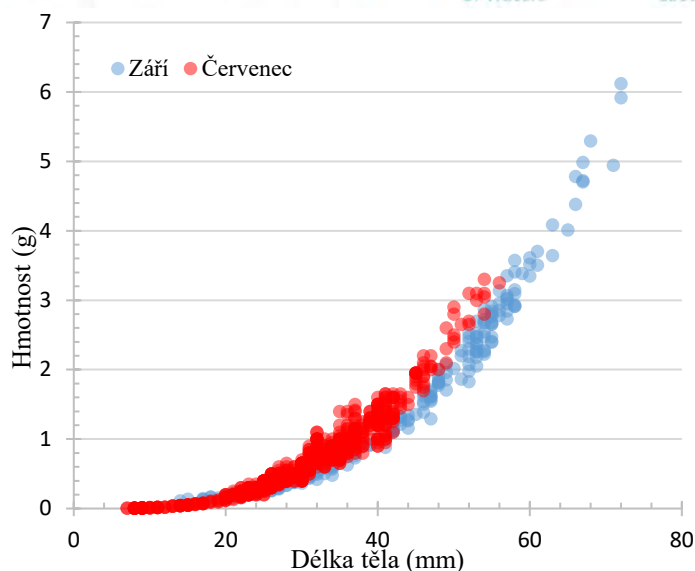


**Obr. 16. Prostorová distribuce (boxploty) střevliček v jednotlivých habitatech rybníků se střevličkovým managementem během vrcholné sezóny (červenec) a na konci sezóny (září) stanovená na základě početnosti úlovků střevliček do vrší.**

Úlovek je standardizován na 1 vrš. Macrophytes, vnitřní litorál (uprostřed zárostu vodní vegetací); M. Edge, vnější litorál (vně zárostu vodní vegetací); Open water, pelagiál (otevřená voda)

**Tab. 5. Početnost a biomasa střevliček východních odlovených v červenci a srpnu 2020 do vrší.**

| Rybník               | Datum          |             |                |             | Změna (násobek) |         |
|----------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|---------|
|                      | 19.-20.07.2020 |             | 12.-13.09.2020 |             |                 |         |
|                      | Početnost (ks) | Biomasa (g) | Početnost (ks) | Biomasa (g) | Početnost       | Biomasa |
| <b>Lusk</b>          | 875            | 525         | 1634           | 2504        | 1,87x           | 4,77x   |
| <b>Sirotčí horní</b> | 957            | 275         | 1483           | 1201        | 1,55x           | 4,37x   |
| <b>Sirotčí dolní</b> | 750            | 387         | 1040           | 1468        | 1,39x           | 3,79x   |



**Obr. 17. Délko-hmotnostní vztah (individuální délka těla a hmotnost) jedinců střevličky východní odchycených do vrší během července (19.-20.7.2020) a září (12.-13.9.2020) na rybnících se střevličkovým managementem (Lusk, Sirotčí horní a dolní)**

## 4.5 Výlov rybníků

### 4.5.1 Produkční ukazatele rybníčního chovu a zdravotní stav kapra v závislosti na rybářském managementu

Na základě údajů získaných během a po výlovu jednotlivých rybníků lze jednoznačně říci, že přítomnost či absence střevličky v rybnících během vegetační sezóny se silně projevila na produkčních ukazatelích rybníčního chovu, ale i zdravotním stavu kapra. Přítomnost střevličky vždy vedla k dramatickému poklesu produkčních ukazatelů chovu kapra (Tab. 6 a 7) i jeho zdravotního stavu (Tab. 6) v podobě viditelných lézí tkání na bázi ocasu či na ocasním násadci.

Rozdíl mezi bezstřevličkovými (B) a střevličkovými (S) rybníky nebyl tak citelný z pohledu přežívání – v průměru cca 87 % (B) versus 83 % (S) (rozdíl cca 4 %). Rozdíly v managementu pak začaly být více nápadné z hlediska hodnot specifické rychlosti růstu (SGR) – v průměru cca 1,18 (B) versus 0,97 (S) (rozdíl cca 18 %) či koeficientu konverze krmiva (FCR) – v průměru cca 1,063 (B) versus 1,38 (S) (rozdíl cca 25 %). Nicméně hodnoty FCR (silně pod hodnotou 2) i v případě střevličkového managementu ukazují, že ve všech experimentálních rybnících měli kapři k dispozici alespoň po část sezóny přirozenou potravu a efektivně využívali i doplňkové krmivo, které nebylo nabízeno v nadbytku, jak bývá častá praxe v rybníčních chovech, kdy se FCR běžně pohybuje kolem hodnoty 4, během vrcholu sezóny (v kombinaci s hypoxií až anoxií) dokonce kolem hodnot 10-15 (a krmivo de facto funguje jako hnojivo a zdroj prvků, převážně fosforu, podílející se na eutrofizaci vod).

Dramatických rozdílů však bylo dosaženo v případě hektarových výnosů kapra, kdy produkce v bezstřevličkových rybnících dosáhla téměř dvojnásobku produkce střevličkových rybníků. V případě výnosu na hektar rybníku se jednalo o rozdíl cca 70 % (průměrné hodnoty: cca 850 a 497 kg kapra.ha<sup>-1</sup> u B, respektive S rybníků), u výnosu na hektar a 1 m hloubky rybníku byl rozdíl dokonce cca 80 % (průměrné hodnoty: cca 891 a 487 kg kapra.ha<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> u B, respektive S rybníků).

V individuálních morfometricko-gravimetrických parametrech hodnocených u kaprů po výlovu byl nalezen statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,001$ ) mezi rybníky v případě všech



hodnocených parametrů – celkové délky těla (TL), délky těla (SL), individuální hmotnosti (W) a Fultonova koeficientu (Tab. 7). Z hlediska TL a SL se kapři původem z Prostřední koupě (největší hodnoty), Sirotčího horního a dolního (nejmenší hodnoty) statisticky průkazně lišily navzájem, ale i od zbývajících 3 rybníků (Lusk, Buchhamer, Šamonický dolní), které se od sebe navzájem nelišily. V případě Fultonova koeficientu se od sebe všechny rybníky navzájem lišily, až na Šamonický dolní a Sirotčí dolní, které se od sebe navzájem nelišily. V případě W byl výsledek naprosto přesvědčivý, kdy se všech šest experimentálních rybníků od sebe navzájem statisticky průkazně lišilo. Rozdíl mezi průměrnou individuální hmotností kaprů původem z Horní Koupě (nejvyšší hodnota) a Sirotčím horním (nejnižší hodnota) dosahoval téměř 0,8 kg, tj. více jak dvojnásobku.

Při porovnání střevlíčkových a bezstřevlíčkových rybníků mezi sebou (rybníky s daným managementem jsou hodnoceny dohromady jako jedna experimentální skupina) byl zjištěn u všech hodnocených parametrů – TL, SL, W a Fultonova koeficientu, statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,001$ ) mezi jednotlivými rybářskými managementy (Obr. 18). V rybnících s bezstřevlíčkovým managementem kapři dosahovali zhruba o 10 % větší velikosti (TL, SL) a jejich Fultonův koeficient byl vyšší o cca 16 %. Naprosto enormní rozdíl (více jak 50 %) byl mezi kapry původem z bezstřevlíčkových (B) a střevlíčkových (S) rybníků v jejich průměrné individuální hmotnosti (B: 1125 g versus S: 740 g).

Přítomnost střevlíčky v rybnících měla také velice významný negativní zdravotní dopad na kapra, kdy v průměru téměř jedna třetina (cca 30 %) slovených kaprů původem z rybníků se střevlíčkovým managementem měla viditelná zdravotní poškození v podobě tkáňových lézí (na kůži postupujících do svaloviny) jako výsledek predace/parazitismu střevlíčky. U kaprů původem z rybníků s bezstřevlíčkovým managementem tyto léze nebyly vůbec pozorovány (Tab. 6).

**Tab. 6. Produkční ukazatele chovu kapra obecného a výskyt fakultativního parazitismu střevlíčky (vznik tkáňových lézí) v rybnících s bezstřevlíčkovým (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevlíčkovým (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementem.**

FCR, koeficient konverze krmiva; FCE, účinnost konverze krmiva; SGR, specifická rychlost růstu.

| Rybník                                                                    |                | Prostřední koupě | Buchhamer     | Šamonický dolní | Lusk          | Sirotčí horní | Sirotčí dolní |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Výlovek kapra (na rybník)</b>                                          | abundance (ks) | 403,00           | 595,00        | 882,00          | 621,00        | 394,00        | 281,00        |
|                                                                           | biomasa (kg)   | 554,05           | 611,35        | 845,00          | 553,44        | 228,66        | 217,00        |
| <b>Přežití (%)</b>                                                        |                | <b>83,96</b>     | <b>90,15</b>  | <b>87,33</b>    | <b>77,63</b>  | <b>87,56</b>  | <b>85,15</b>  |
| <b>Hektarový výnos (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>                               |                | <b>1032,21</b>   | <b>804,23</b> | <b>714,57</b>   | <b>569,73</b> | <b>386,07</b> | <b>535,52</b> |
| <b>Hektarový výnos na 1 m hloubky (kg.ha<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>)</b> |                | <b>1146,90</b>   | <b>731,12</b> | <b>793,97</b>   | <b>438,26</b> | <b>428,97</b> | <b>595,02</b> |
| <b>FCR (kg krmiva.kg přírůstku<sup>-1</sup>)</b>                          |                | <b>1,17</b>      | <b>1,19</b>   | <b>0,83</b>     | <b>0,83</b>   | <b>1,67</b>   | <b>1,64</b>   |
| <b>FCE (kg přírůstku.kg krmiva<sup>-1</sup>)</b>                          |                | 0,85             | 0,84          | 1,20            | 1,20          | 0,60          | 0,61          |
| <b>SGR (%.den<sup>-1</sup>)</b>                                           |                | 1,28             | 1,11          | 1,14            | 1,04          | 0,85          | 1,03          |
| <b>Podíl kaprů s lézí (%)</b>                                             |                | <b>0,00</b>      | <b>0,00</b>   | <b>0,00</b>     | <b>49,00</b>  | <b>18,00</b>  | <b>20,00</b>  |



**Tab. 7. Morfometrické parametry a Fultonův index vyživenosti (průměr±S.D.) kapra obecného po výlovu z rybníků s bezstřevličkovým (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevličkovým (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementem.**

TL, celková délka těla (mm); SL, délka těla (mm); W, individuální hmotnost (g); Fulton, Fultonův index vyživenosti.

Skupiny se stejným „superskriptem“ (a-f) se od sebe statisticky průkazně neliší ( $p < 0,001$ ).

| Rybník         | Prostřední koupě              | Buchhamer                     | Šamonický dolní              | Lusk                         | Sirotčí horní                | Sirotčí dolní                |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>TL (mm)</b> | 412,14 ± 17,99 <sup>a</sup>   | 385,01 ± 17,05 <sup>b</sup>   | 386,56 ± 16,90 <sup>b</sup>  | 382,27 ± 17,91 <sup>b</sup>  | 337,46 ± 23,24 <sup>c</sup>  | 359,12 ± 19,46 <sup>d</sup>  |
| <b>SL (mm)</b> | 351,13 ± 16,92 <sup>a</sup>   | 327,27 ± 14,10 <sup>b</sup>   | 325,84 ± 15,76 <sup>b</sup>  | 320,01 ± 15,69 <sup>b</sup>  | 278,06 ± 22,56 <sup>c</sup>  | 302,55 ± 18,06 <sup>d</sup>  |
| <b>W (g)</b>   | 1366,28 ± 196,91 <sup>a</sup> | 1056,25 ± 125,99 <sup>b</sup> | 952,33 ± 107,64 <sup>c</sup> | 878,59 ± 118,12 <sup>d</sup> | 573,93 ± 119,57 <sup>e</sup> | 766,94 ± 146,12 <sup>f</sup> |
| <b>Fulton</b>  | 1,94 ± 0,17 <sup>a</sup>      | 1,85 ± 0,12 <sup>b</sup>      | 1,65 ± 0,12 <sup>c</sup>     | 1,57 ± 0,13 <sup>d</sup>     | 1,48 ± 0,13 <sup>e</sup>     | 1,64 ± 0,14 <sup>c</sup>     |



**Obr. 18. Porovnání (průměr ± S.D.) individuálních produkčních ukazatelů (TL, SL, W a Fulton) kaprů po výlovu původem z bezstřevličkového (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevličkového (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementu.**

Rybníky s daným managementem (1, bezstřevličkový; 2, střevličkový) jsou hodnoceny dohromady jako jedna experimentální skupina.

TL, celková délka těla (mm); SL, délka těla (mm); W, individuální hmotnost (g); Fulton, Fultonův index vyživenosti





#### 4.5.2 Produkční ukazatele střevličky východní a candáta obecného

Candát obecný nebyl v rámci experimentu považován za cílový druh ryby. Sloužil jako biomanipulační nástroj pro eliminaci plevelných druhů ryb (vč. střevličky), v případě jejich vstupu do rybníka s bezstřevličkovým managementem. Proto nebylo třeba se podrobněji věnovat jeho studiu během sezóny. Přesto data z výlovu nám poskytla cenné doplňkové informace o chování rybníku během sezóny. Rybníky s bezstřevličkovým managementem se od sebe navzájem statisticky průkazně lišily ( $p = 0,001$ ) z hlediska všech sledovaných parametrů (přežití, TL, SL, W) hodnocených u candátů po výlovu (Tab. 8). Nestabilita rybníčního ekosystému (hlavně vysoká turbidita) v případě Šamonického dolního (viz kapitola 4.1.2) se projevila i na růstu (nízké hodnoty TL, SL, W), ale především pak na přežívání candátů, kdy se podařilo dochovat pouze necelých 40 % z celkového počtu nasazených candátů (oproti 85 a 96 % v případě Buchhameru a Prostřední Koupě).

**Tab. 8. Produkční ukazatele candáta obecného po výlovu rybníků s bezstřevličkovým (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevličkovým (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementem.**

Skupiny se stejným „superskriptem“ (a-c) se od sebe statisticky průkazně neliší ( $p < 0,001$ ).

| Rybník                           | Prostřední koupě               | Buchhamer                      | Šamonický dolní                | Lusk | Sirotčí horní | Sirotčí dolní |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|---------------|---------------|
| <b>abundance (ks)</b>            | 24,00                          | 30,00                          | 25,00                          | 0    | 0             | 0             |
| <b>biomasa (kg)</b>              | 4,61                           | 7,10                           | 3,87                           | 0    | 0             | 0             |
| <b>přežití (%)</b>               | <b>96,00</b>                   | <b>85,71</b>                   | <b>38,46</b>                   | 0    | 0             | 0             |
| <b>TL (mm)</b>                   | <b>297,08</b><br>$\pm 9,38^a$  | <b>314,83</b><br>$\pm 13,74^b$ | <b>275,56</b><br>$\pm 12,25^c$ | 0    | 0             | 0             |
| <b>SL (mm)</b>                   | 254,83<br>$\pm 9,36^a$         | 272,43<br>$\pm 13,22^b$        | 237,52<br>$\pm 12,42^c$        | 0    | 0             | 0             |
| <b>individuální hmotnost (g)</b> | <b>192,21</b><br>$\pm 24,82^a$ | <b>236,53</b><br>$\pm 37,82^b$ | <b>154,76</b><br>$\pm 21,76^c$ | 0    | 0             | 0             |

V rybnících se střevličkovým managementem bylo dosaženo pozoruhodných produkčních výsledků u střevličky (znamenajících ušlý zisk v produkci kapra), která začala opouštět rybník v malém množství (několik  $\text{ks}\cdot\text{h}^{-1}$ ) již od začátku spouštění vody v rybníku, ve velkém množství (stovky  $\text{ks}\cdot\text{h}^{-1}$ ) pak začala z rybníka unikat jeden den před výlovem rybníku a masivně ( $\text{kg}$  až desítky  $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ) opouštěla rybník po započítání vlastního výlovu (kapa).

Střevlička zvýšila svoji početnost v rybnících z původních 20-40 tisíc (viz Tab. 2) na stovky tisíc ks, v případě rybníku Lusk se jednalo o abundanci neuvěřitelných 1,1 milionu ks. Výlovek střevličky na rybník se pohyboval mezi 70-515 kg! Střevlička tak zvýšila za sezónu (7 měsíců) svou početnost 10-27 krát a biomasu pak 5-13krát! Hektarový výnos střevličky se pohyboval mezi 170-594  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respektive 189-457  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$  (Tab. 9). V případě rybníku Lusk se tak jednalo o dokonce vyšší hektarovou produkci než u kapra obecného (jako produkčního druhu ryby).

Zajímavostí zůstává, že střevličky byly sloveny i z jednoho rybníku s bezstřevličkovým managementem – Prostřední Koupě. Jednalo se však celkově jen o 10 ks. Původ střevliček v tomto rybníku je nejasný (patrně se jednalo o náhodné vypuštění střevliček s násadou kapra nebo o pozůstatek ryb s předchozích produkčních let). Z hlediska věkové struktury se jednalo jen o dospělé jedince, tohoroční plůdek ve výlovku chyběl.





Střevličky se tak zde buď nerozmnožily, nebo byly eliminovány přítomným candátem. K významnému ovlivnění dynamiky (chování) rybníku (a jeho chemismu) a produkce kapra tak jistě nedošlo.

**Tab. 9. Produkční ukazatele střevličky východní po výlovu rybníků s bezstřevličkovým (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní) a střevličkovým (Lusk, Sirotčí horní a dolní) managementem.**

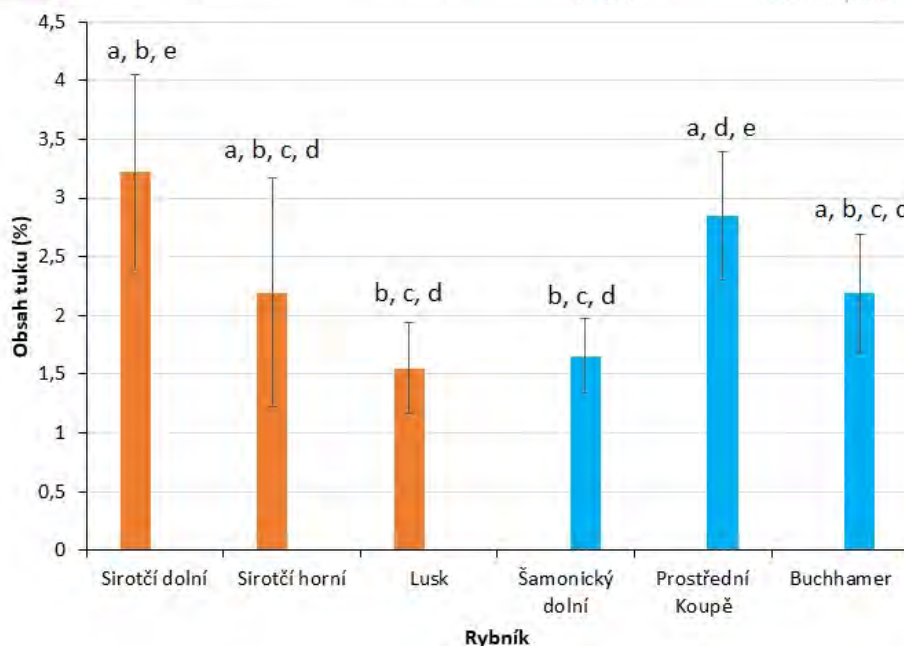
Skupiny se stejným „superskriptem“ (a-c) se od sebe statisticky průkazně neliší ( $p < 0,001$ ).

| Rybník                                                                 |                | Prostřední koupě | Buchhamer | Šamonický dolní | Lusk                       | Sirotčí horní              | Sirotčí dolní              |
|------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|-----------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Výlovek střevličky (na rybník)                                         | abundance (ks) | 10,00            | 0,00      | 0,00            | <b>1,12.10<sup>6</sup></b> | <b>3,17.10<sup>5</sup></b> | <b>1,67.10<sup>5</sup></b> |
|                                                                        | biomasa (kg)   | 0,02             | 0,00      | 0,00            | <b>515,70</b>              | <b>130,40</b>              | <b>71,70</b>               |
| Průměrná individuální váha (g)                                         |                | 2,36             | 0,00      | 0,00            | 0,46                       | 0,41                       | 0,43                       |
| Nárůst početnosti (%)                                                  |                | 0,00             | 0,00      | 0,00            | <b>2647,36</b>             | <b>1327,39</b>             | <b>1013,48</b>             |
| Nárůst biomasy (%)                                                     |                | 0,00             | 0,00      | 0,00            | <b>1289,25</b>             | <b>579,56</b>              | <b>462,58</b>              |
| Hektarový výnos (kg.ha <sup>-1</sup> )                                 |                | 0,00             | 0,00      | 0,00            | <b>594,63</b>              | <b>239,78</b>              | <b>170,30</b>              |
| Hektarový výnos na 1 m hloubky (kg.ha <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> ) |                | 0,00             | 0,00      | 0,00            | <b>457,40</b>              | <b>266,42</b>              | <b>189,23</b>              |

#### 4.6 Kvalita finálního produktu

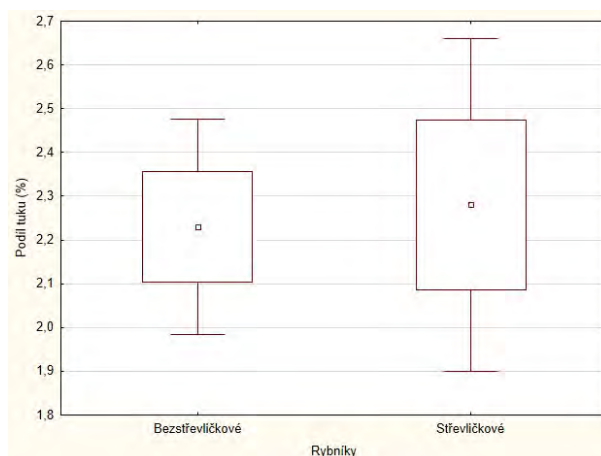
V obsahu celkového tuku ve svalovině kaprů byly nalezeny statisticky průkazné rozdíly mezi rybníky ( $F_{(5,53)} = 8,74$ ;  $p < 0,001$ ). Tento rozdíl je však především dán odlišností v podílu tuku mezi Prostřední Koupí a Sirotčím dolním na jedné straně (vyšší podíl tuku) a Luskem a Šamonickým dolním na druhé straně (nižší podíl tuku) – viz Obr. 19. Při porovnání podílu tuku ve svalovině mezi oběma uplatněnými rybářskými managementy navzájem (rybníky s daným managementem jsou hodnoceny dohromady jako jedna experimentální skupina) však nebyl zjištěn mezi oběma managementy statisticky průkazný rozdíl ( $p = 0,05$ ; obr. 20).

Obecně lze říci, že ve svalovině kaprů ze všech experimentálních rybníků bylo méně tuku (menší podíl celkového tuku na hmotnosti těla) než je běžné u kaprů po výlovu (na základě analýz z jiných projektů – rozpětí v průměru 5-12 %). Důvodem může být nižší věková a hmotnostní kategorie odchovaná v rámci našeho experimentu (K2, hmotnost kolem 1 kg) ve srovnání s konzumní velikostí kapra (K3-K4, hmotnost nad 2,5 kg), nebo se může jednat o efekt hustoty obsádky a odlišný zdroj růstové energie. Při hodnotách obsádek použitých v našem experimentu měli jak kapři v bezstřevličkovém, ale i kapři ve střevličkovém managementu po relativně dlouhou dobu vegetační (růstové) sezóny k dispozici přirozenou potravu (bohatou na proteiny). Avšak pro odchov konzumní velikosti kapra v tradičních (vyšších) obsádkách se v konvenčních rybníkářských chovech používá ve velkém množství jako doplňkové krmivo obilí (bohaté na sacharidy), které však mnohdy slouží jako hlavní zdroj energie pro růst tělní hmoty kaprů na místo přirozené potravy – zooplanktonu a bentosu, která v těchto chovech dosahuje silně deficientního množství po většinu růstové sezóny. Výsledkem je pak větší (těžší) kapr s vyšším obsahem tělního tuku.



**Obr. 19. Obsah celkového tuku (% hmotnosti; průměr  $\pm$  S.D.) ve svalovině kapra obecného v závislosti na přítomnosti (červené sloupce) či absenci (modré sloupce) střevličky východní v rybníku.**

Skupiny se stejným „superskriptem“ (a-e) se od sebe statisticky průkazně neliší ( $p < 0,001$ ).



**Obr. 20. Porovnání obsahu celkového tuku (% hmotnosti; průměr  $\pm$  S.D.) ve svalovině kapra obecného v závislosti na uplatněném rybářském managementu.**

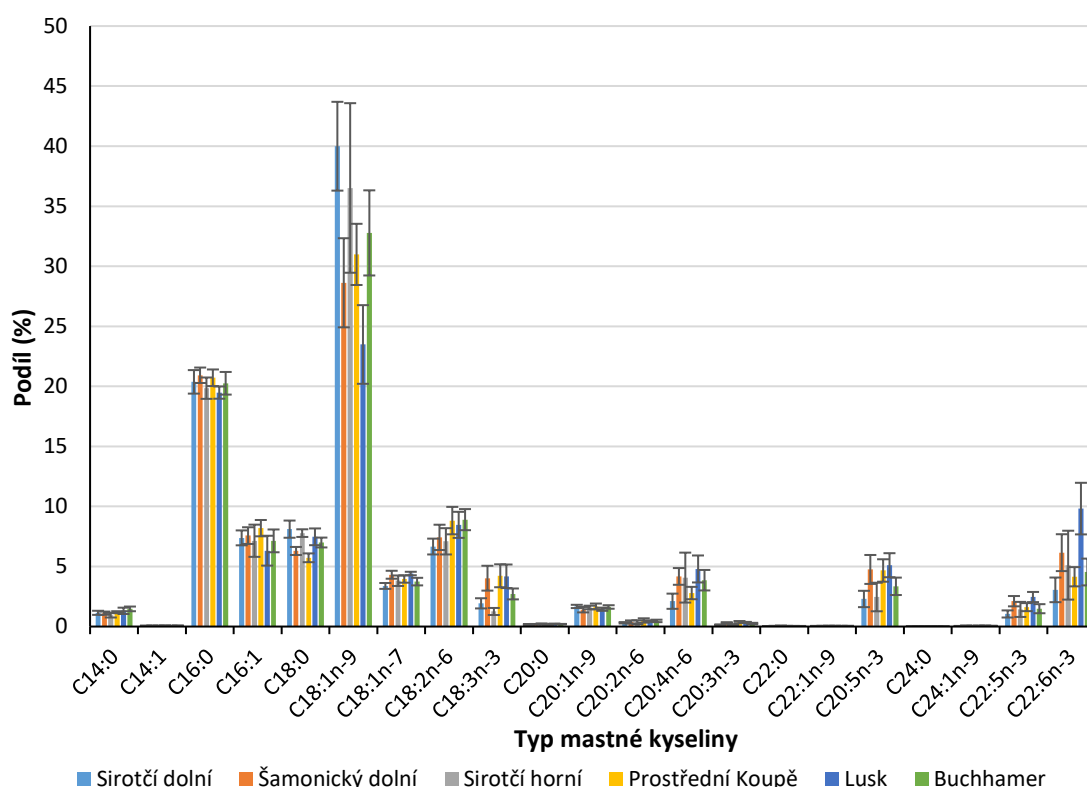
Rybníky s daným managementem jsou hodnoceny dohromady jako jedna experimentální skupina ( $p = 0,05$ )

Bezstřevličkové – Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní; Střevličkové – Lusk, Sirotčí horní a dolní

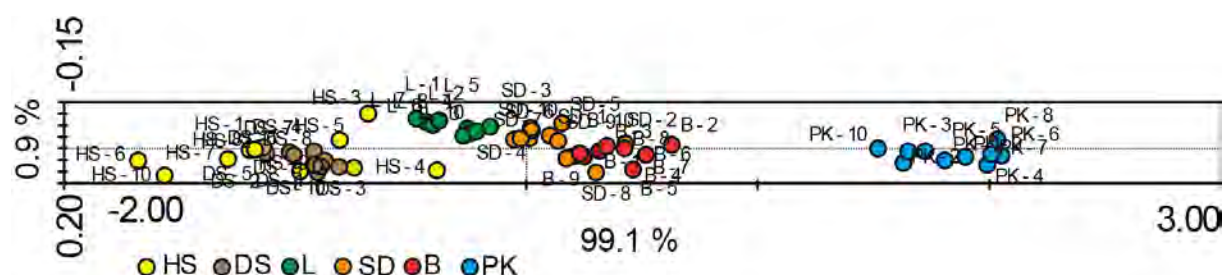
Složení obsahu mastných kyselin ve svalovině kapra v jednotlivých rybnících v závislosti na uplatněném rybářském managementu je zachycen na Obr. 21. Jak je patrné z PCA analýz složení mastných kyselin ve svalovině a morfometrických parametrů (TL, SL, W) kaprů po výlovu (Obr. 22), vzorky z jednotlivých rybníků tvoří poměrně pěkné klustry (skupiny objektů vydělujících se ze statistického pozadí). To vypovídá o tom, že v každém rybníce panovaly trochu odlišné krmné podmínky, přičemž největší rozdíl lze pozorovat mezi rybníky Sirotčí horní a Prostřední Koupě. Dále lze také pozorovat, že shlukování



rybníků se střevličkovým managementem (Sirotčí dolní a horní, Lusk) není tak výrazné jako u rybníků s bezstřevličkovým managementem (Prostřední Koupě, Buchhamer, Šamonický dolní). Z toho vyplývá, že přítomnost střevličky v rybníku jednoznačně snižovala variabilitu získávané a následně využívané potravy. Zvláštní postavení mezi rybníky se střevličkovým managementem měl v tomto ohledu Lusk (výrazně se blíží postavení rybníků s bezstřevličkovým managementem) z důvodu přítomnosti dostatečného množství hrubého (velkého) zooplanktonu již od začátku experimentu.



**Obr. 21. Profil (procentuální podíl, %; průměr  $\pm$  S.D.) mastných kyselin ve svalovině kapra obecného v závislosti na přítomnosti (Sirotčí dolní, Sirotčí horní, Lusk) či absenci (Šamonický dolní, Prostřední Koupě, Buchhamer) střevličky východní v rybníku.**



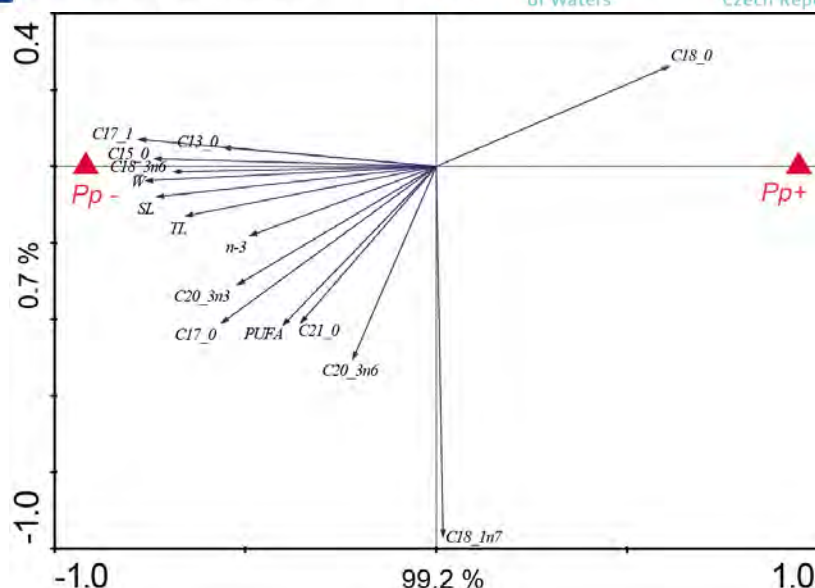
**Obr. 22. 2D vizualizace statistické analýzy morfometrických parametrů (TL, SL, W) a výsledků analýzy mastných kyselin (ve svalovině) kapra obecného získaných pomocí GC FID zpracovaných metodou PCA (Canoco software). Variabilita souborů dat (dat z jednotlivých rybníků) je vysvětlena z 99,1% na ose x a z 0,9% na ose y.**  
HS, Horní sirotčí; DS, Dolní sirotčí; L, Lusk; SD, Šamonický dolní; B, Buchhamer; PK, Prostřední koupě (n = 10). TL, celková délka těla; SL, délka těla; W, individuální hmotnost



Přítomnost střevličky východní při chovu kapra (rybníky se střevličkovým managementem) statisticky průkazně negativně ovlivnila nejen všechny testované morfometrické parametry (TL, SL, W) u vylovených kaprů, ale také hladinu důležitých n-3 (omega 3) mastných kyselin (MK), především pak esenciální MK gama-linolenové (C18:3n-6) – viz Obr. 23. Naopak v těchto vzorcích (ze střevličkových rybníků) byly zjištěny statisticky prokazatelně vyšší podíly mononenasycených MK (MUFA) a nasycených MK (SFA), především pak nasycené n-3 MK kyseliny stearové (C18:0). Jedná se o kyselinu, která slouží jako zásobní látka a je samotnými kapry syntetizována v jejich těle ze sacharidů, jejíž zdrojem je obilí. To je mimo jiného jeden z dalších důkazů, že kapři ze střevličkových rybníků mnohem více využívali ke svému životu (a růstu) obilí než kapři z bezstřevličkových rybníků. Kapři z bezstřevličkových rybníků si tuto kyselinu nemuseli syntetizovat v takovém množství, protože měli k dispozici celou řadu jiných MK, a to z přirozené potravy. Tuto skutečnost dokazuje i statisticky průkazně vyšší hladina C13, C15 a C17 mastných kyselin, které jsou odvozeny z detritu (společenstev bakterií). Navíc tyto MK patřily mezi (poly)nenasycené, esenciální n-3 MK, tzn., že se jednalo o mnohem cennější MK nejen pro život kapra, ale také pro člověka jako případného konzumenta, neboť tyto MK mají výrazně vyšší dietetickou hodnotu. Zajímavostí je, že kapři ze střevličkových i bezstřevličkových rybníků využívali ve své výživě suchozemský hmyz přibližně stejnou měrou (přibližně stejné hodnoty MK C18-1n7).

Celkově vyšší obsah nasycených MK u kaprů ze střevličkového managementu opět ukazuje na menší variabilitu potravních složek (užší potravní nabídku) v přijímané potravě. Naproti tomu u kaprů z bezstřevličkového managementu je patrná výrazně větší variabilita potravních složek (široká potravní nabídka) v přijímané potravě. Dochází zde tak k účinnému přenosu n-3 nenasycených MK (původem z přirozené potravy – zooplanktonu a bentosu) potravním řetězcem. Tyto cenné MK tak nekončí v tělech „plevelných“ druhů ryb (vč. střevličky). V rybnících s bezstřevličkovým managementem tak dochází k účinnému toku energie a hmoty (včetně živin) v pastevním systému od primárních producentů a destruentů přes biomasu zooplanktonu a bentosu do biomasy komerčně cenných druhů ryb (kapra). Provedené analýzy tak potvrdili, že kapři z rybníků s bezstřevličkovým managementem mají výrazně vyšší nutriční hodnotu (přínos pro dietu člověka) výsledného produktu – svaloviny ryb dodávaných ke spotřebě. Skutečnost, že kapři odchovaní bez přítomnosti střevličky mají lepší kompozici MK lze zúročit i dále. Obsah tuků a kompozice MK (spolu se zdravotním stavem spojeným s welfare chovu) totiž u násad kaprů používaných k zarybnění rybníků v dalších fázích odchovu kapra pro konzumní účely, nebo sportovních revírů pro účely rekreačního rybolovu, nepřímo určují šance kaprů na přežití a jejich další prosperitu, zvláště pak u revírů využívajících režim „chyt’ a pust’“.





**Obr. 23. 2D vizualizace statistické analýzy morfometrických parametrů (TL, SL, W) a výsledků analýzy mastných kyselin (ve svalovině) kapra obecného získaných pomocí GC FID zpracovaných metodou RDA (kanonické verze PCA). RDA a Monte-Carlo permutační test ( $n=999$ ) ukázaly statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti  $p = 0,0001$  mezi daty získanými z rybníků se střevličkou a bez střevličky. Variabilita souborů dat (dat z jednotlivých rybníků) je vysvětlena z 99,2 % na ose x a z 0,7 % na ose y.**

**$Pp^-$  označuje bezstřevličkový a  $Pp^+$  střevličkový management. TL, celková délka těla; SL, délka těla; W, individuální hmotnost**

#### 4.7 Vyhodnocení přijatých opatření

Odhad ekonomické přínosnosti přijatých opatření vychází ze srovnání nákladů a zisků zjištěných pro rybníky se střevličkovým managementem, který reprezentuje tradiční způsob rybníkářské praxe (nedolovování loviště, přepouštění vody s plevnými rybami mezi rybníky, nasazování násady kapra kontaminované plevnými rybami, absence vysušení dna rybníku a dezinfekce stok, nevyužití vhodných druhů dravých ryb,..), a rybníky s bezstřevličkovým managementem, reprezentujícím inovovaný způsob rybníčního chovu.

Do srovnání nákladů mezi střevličkovým a bezstřevličkovým managementem byly zahrnuty jen vícenáklady, které jsou spojené s bezstřevličkovým managementem. Jedná se o náklady na nákup materiálu, vybavení a lidskou sílu spojenou s aplikací následujících opatření spojených s přípravou rybníků na produkční sezónu, vyčištěním násady kapra, přísazením vhodného druhu dravé ryby (candáta) a výlovem rybníku. Náklady na lidskou sílu se liší mezi rybářskými podniky, proto byla tato položka stanovena jako počet potřebných osob a hodinová dotace pro každou aktivitu pro rybník s vodní plochou 1 ha.

Příprava rybníku spočívá v kompletním slovení a zbavení se všech ryb včetně plevných druhů ryb. Za tímto účelem je nezbytné kompletně opakovaně dolovit nejen loviště, ale i hlavní stoku a postranní stoky (4 lidé, 1 hod práce). Pro eliminaci přepouštění plevných druhů ryb (vč. střevličky) mezi rybníky na soustavě spolu s odtékající vodou při spouštění a výlovu rybníku a tím eliminaci škod způsobených plevnými druhy ryb (střevličkou) v další vegetační sezóně v rybnících nalézajících se níže po stoce, je vhodné jako preventivní opatření zvolit odlov střevličky do plůdkové podložní sítě. Náklady spočívají v: instalaci sítě před začátkem spouštění rybníku (2 lidé, 2 hod), čištění sítě (v závislosti na množství protékající vody a jejím znečištění) dvakrát denně v době spouštění





rybníku (1 člověk, 10 min/kontrola), manipulaci se sítí a její čištění během výlovu rybníku (1 člověk/výlov), deinstalaci sítě (2 lidé/1 hod). Cena podložní sítě (5 x 7 m, oko: 4 mm) je cca 9.000,- Kč bez DPH. Ocelové tyče (roksory) pro fixaci sítě do země (20 ks/sít') stojí 30 Kč/ks. Cena betonových prefabrikátů pro profilaci tvaru sítě ve stoce (cca 10 ks/sít') je 15-40,- Kč/ks (v závislosti na velikosti a tvaru). Veškeré toto vybavení lze používat opakovaně. Následně je nezbytné rybník ponechat 1 týden (min 5 dní) ladem na suchu a vodu protékat volně ven. Poté je nezbytné provést dezinfekci dna rybníku chlorovým vápnem (chlornan vápenatý,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) v dávce 1000 kg/ha plochy ve všech oblastech, kde se nachází voda a hrozilo by tak přežití nechtěných organismů. Jedná se tak především o oblast loviště, hlavní stoky a vedlejších stok. Náklady akce tvoří nákup chlorového vápna a jeho aplikace (1 člověk, 1 hod). Cena chlorového vápna je 20-30 Kč/kg (bez DPH). V průměru je použito 20-25 kg na 1 rybník. Poté je nezbytné nechat rybník opět 1 týden ladem (min 5 dní), na suchu, aby proběhla úspěšně dezinfekce. Tím je rybník připraven pro napouštění. Do výpustního zařízení rybníku (požeráku) je vhodné před započítím napouštění rybníka nainstalovat také místo spodní dluže nebo klasické kovové mřížky s velkými rozestupy mezi česlemi, mřížku s rozestupy mezi česlemi 4-5 mm, aby byla minimalizována možnost úniku střevličky z rybníka po stoce dolů. Tuto mřížku je však možno doinstalovat do požeráku až před započítím vypouštění rybníka, kdyby hrozilo ucpávání požeráku během sezony detritem, větve apod.

Na tomto místě je nezbytné podotknout, že opatření navržená pro přípravu rybníku neznamenaají jen náklady, ale jedná se o významná zoohygienická opatření poskytující celou řadu dalších benefitů (vedle zvýšení produkce kapra a kvality jeho svaloviny). Jedná se o eliminaci případných onemocnění (dezinfekce, vysušení), ale i obohacení rybníku o vápník (stabilizace pH, lepší mineralizace živin).

Před nasazením rybníku je nezbytné násadu kapra přechistit a zbavit ji plevelných druhů ryb (střevliček). K tomu lze uplatnit jednoduchý, pro rybáře nenáročný, přesto velice bezpečný, systém dvojího brakování, který v sobě snoubí systém čtyřnásobné eliminace výskytu střevličky v násadě kapra (podrobně popsáno v kapitole 3.3.1). Vícenáklady spočívají v lidské práci. V našem případě (pro nasazení 6 rybníků) byli potřební 3 lidé a 4 hod práce. Dvojí brakování lze také nahradit jedním brakováním kesery (se síťovinou o průměru ok 25-30 mm) a krátkodobým skladováním (1 den) kaprů v plovoucí kleci (síti s plastovým rámem, průměr ok 25 mm) ponořené do sádky, pokud možno s co nejnižším výskytem plevelných druhů ryb (vč. okouna, plotice, ježdíka apod.). V kleci se kapři zbaví střevličky ulpívající v ústní a žaberní dutině. Náklady spočívají ve výrobě plovoucí klece se síťovinou (rozměry: 3x3x1,5m, oko: 20 mm, cena: 10.000 Kč bez DPH), kterou lze používat opakovaně.

Pro eliminaci případného výskytu střevličky (stejně jako jiných plevelných druhů ryb) z nedokonale připraveného rybníku či přebrakované násady kapra a z povodí rybníků, je nezbytné doplnit obsádku rybníku o dravce – především candáta obecného. Vedle své funkce biomanipulačního nástroje eliminujícího rozvoj nechtěných druhů ryb, poskytuje další produkční benefit – vysoce ceněné maso. Rozhodně nestačí dnes běžně používaná praxe absence brakování násad kapra (a následné vysazování střevličky) či přepouštění vody bohaté na střevličku z rybníku do rybníku při výlovu rybníků na soustavě, která je doplněná vysazováním candáta v podobě několika málo ks na ha plochy rybníku. Zde je potřeba využít alespoň 100 ks (lépe 200 ks) ročka candáta na ha plochy. V této souvislosti je potřeba se vyvarovat násady okouna říčního jako náhradního řešení pomocí biomanipulace v případě nemožnosti použití candáta (není k dispozici), zvláště pak ve vícehorkovém produkčním cyklu kapra, protože hrozí přirozený (nechtěný) výtěr okouna v rybníku. A plůdek okouna se chová (a má podobný dopad) jako střevlička východní – preferuje hrubý zooplankton



(především velké druhy, r. *Daphnia* sp.), který je schopen dokonale zdecimovat. V případě využití služeb okouna je tak nezbytné uplatňovat jednohorkový produkční systém a nasazovat důsledně pouze samce okouna, u kterých nehrozí nebezpečí přirozeného podetření. Štika jako nástroj pro eliminaci střevličky nefunguje. Náklady na nasazení candáta (roček, 400-500 Kč/kg) se mohou vrátit v podobě produkce vysoce ceněného masa (cca 350–500 Kč/kg živé váhy), ale především pak v podobě vyššího výnosu kapra s vyšší kvalitou masa (viz dále). Náklady na vysazení candáta lze také snížit či zcela eliminovat produkcí vlastních násad na podniku obhospodařujícím rybníky.

Náklady na výlov rybníku s bezstřevličkovým managementem jsou v případě dodržení všech výše navržených opatření (střevlička se v nich nerozvine) srovnatelné s výlovem rybníku se střevličkovým managementem. Do výlovu bezstřevličkových rybníků lze zařadit instalaci a odlov případně se vyskytujících plevných druhů ryb (vč. střevličky) do plůdkové podložní sítě (viz výše) jako preventivní opatření pro eliminaci šíření se případných nechtěných druhů ryb mezi rybníky na soustavě spolu s odtékající vodou při spouštění a výlovu rybníku a tím eliminaci škod způsobených plevnými druhy ryb (střevličkou) v další vegetační sezóně v rybnících nalézajících se níže po stoce (viz výše). Náklady (v podobě lidské síly) jsou však mnohem nižší než u střevličkových rybníků (sít' se nemusí tak často čistit, zvláště pak během výlovu).

Benefity (zisk) z přijatých opatření pro eliminaci výskytu střevličky v rybnících, které byly otestovány v rámci tohoto projektu, lze shledávat v několika úrovních – ekonomické, ekologické a sociopolitické.

Na základě výsledků tohoto projektu lze jednoznačně říci, že přijetí opatření vedoucích k eliminaci střevličky východní v rybnících se velmi pozitivně projevuje na ekonomických (produkčních) ukazatelích rybníčního chovu, ale i zdravotním stavu kapra (ve srovnání s rybníky, kde má střevlička šanci se rozvinout). Vyšší zisk díky přijetí eliminačních opatření se projevuje vyšším přežíváním (o 4 – 5 %) či nižším koeficientem konverze krmiva (FCR) a naopak vyšší účinností konverze krmiva (FCE) a to o 25 %. Jedná se tak o snížení nákladů na doplňkové krmivo o jednu čtvrtinu. V našem případě, kdy byly iniciační obsádky kapra zvoleny nižší, lze předpokládat, že i úspora doplňkového krmiva v podobě FCR byla nižší. V podmínkách současné rybníkářské praxe (využití vysokých obsádek kapra, intenzivní příkrmování) úspora v nákladech na doplňkové krmivo tak bude vyšší. Fultonův koeficient představující míru vyživenosti kaprů je díky přijatým eliminačním opatřením vyšší o více jak 15 %.

K naprosto zásadnímu zvýšení ziskovosti rybníčního chovu v podmínkách eliminujících výskyt střevličky v chovu kapra dochází z hlediska hektarových výnosů kapra, kdy se produkce kapra zvýší o 80 % (hodnoceno jako biomasa sloveného kapra na hektar vodní plochy a hloubku vody 1m).

Rybářské subjekty věnující se chovu ryb v rybnících většinou svou produkci ukončují prodejem živé ryby a nevyužívají tak potenciálu přidané hodnoty v podobě zpracování ryb či výroby rybích výrobků určených k přímé konzumaci, která by přenesla rybníkářství z prvovýroby do sekundárního (zpracovatelského) sektoru výroby a pomohla by tak zvýšit rentabilitu rybníčního chovu. Jestliže tedy budeme hodnotit přínos eliminačních opatření otestovaných v rámci projektu (vedoucích k vyššímu přežití, individuální hmotnosti, hektarovým výnosům) z hlediska sekundárního sektoru (zpracované ryby, rybí výrobky), budou ekonomické benefity ještě výraznější. Když budeme počítat s běžnou velkoobchodní cenou živého kapra na úrovni 40-45 Kč/kg (zisk po odečtení nákladů na výrobu je zhruba 10-15 Kč/kg), tak bychom se přenesli do zhruba pětinasobných cen za kg zpracované ryby (půlky, podkovy, filety). Při zohlednění ztrát ze zpracování živé ryby (odpadu) a nákladů na zpracování jde o čistý zisk cca 100 Kč/kg, tzn., o zhruba



desetinásobný zisk ve srovnání s prodejem živé ryby. V případě využití vyprodukované ryby pro tvorbu rybích výrobků se jedná o další zhodnocení vyprodukované komodity (živého kapra) a ještě vyšší zisky (v násobcích zpracované ryby). Toto byl však pohled na přínos přijatých eliminačních opatření pouze skrze vyšší objem vyprodukované zemědělské komodity (vyšší biomasa kaprů, více kg svaloviny). Je zde však ještě jeden velice významný ekonomický aspekt spojený s přijetím eliminačních opatření. Tím je nesrovnatelně vyšší kvalita výsledného produktu – svaloviny (masa).

Při srovnatelném obsahu celkového tuku ve svalovině kapra, svalovina kaprů z rybníků, kde jsou přijata eliminační opatření, má mnohem lepší kompozici mastných kyselin. Ve svalovině převládají esenciální, (poly-)nenasycené n-3 (omega 3) mastné kyseliny. Jedná se tak o prokazatelně kvalitnější produkt, produkt s mnohem vyšší dietetickou hodnotou pro člověka jako případného konzumenta. V rybnících bez střevličky tak dochází k účinnému přenosu n-3 nenasycených mastných kyselin (původem z přirozené potravy – zooplanktonu a bentosu) potravním řetězcem. Tyto cenné mastné kyseliny tak nekončí v tělech „plevelných“ druhů ryb (vč. střevličky), ale jsou účinně přeneseny do těl komerčně cenných druhů ryb – kaprů.

Aplikace opatření pro eliminaci výskytu střevličky v rybnících přináší i významný zdravotní benefit při chovu kapra, kdy spolu se střevličkou je eliminováno i poškození kaprů tkáňovými lézemi (na povrchu těla a svaloviny) vyvolané predací/parazitismem střevliček na kaprech. U kaprů původem z rybníků, kde jsou přijata eliminační opatření, se léze nevyskytují, naproti tomu u rybníků s výskytem střevličky, může lézemi trpět 20-50 % obsádky kaprů. Jedná se tak o masivní problém. Léze pak představují prvek zeslabující zdravotní stav ryb, jsou významným vstupem do těla pro nejružnější onemocnění, především bakteriálního původu a mohou se tak podílet na úhynech kapří obsádky (zvláště pak v období po ukončení fáze přezimování a nástupu vyšších teplot vody během jara). V konečném důsledku tak přijetí eliminačních opatření představuje benefit nejen v podobě zlepšení welfare chovu kapra, ale i díky snížené ztrátě (zvýšenému přežívání) má i významný ekonomický přínos. Skutečnost, že kapři odchováni bez přítomnosti střevličky netrpí na tkáňové léze lze zúročit i dále. Lepší zdravotní stav spolu s lepší kompozicí mastných kyselin totiž u násad kaprů používaných k zarybnění rybníků v dalších fázích odchovu kapra pro konzumní účely, nebo sportovních revírů pro účely rekreačního rybolovu, nepřímou určuje šanci kaprů na přežití a jejich další prosperitu, zvláště pak u revírů využívajících režim „chyt a pust“.

Přijetí eliminačních opatření má pozitivní ekonomický dopad (udržení výnosů) nejen na rybník, kde byla tato opatření aplikována, ale i na rybníky pod ním, respektive celou soustavu rybníků, díky tomu, že se střevlička nešíří z rybníku do rybníku s vodou, a to jak během sezóny (střevlička čile migruje z rybníka hlavně přes výpustní zařízení a bezpečnostní přeliv, jak jsme se přesvědčili i v rámci experimentálních rybníků v rámci tohoto projektu), ale především v době spouštění vody a výlovu rybníku.

Ekologický aspekt benefitů vyplývajících z přijatých opatření na eliminaci střevličky lze vidět ve vytvoření stabilnějšího životního prostředí poskytujícího více pufrací kapacity pro eliminaci disturbancí a eutrofizačních nutrientů (především P) přicházejících z povodí (zemědělství, splaškové vody, odlehčení ČOV). Přijatá opatření mají primárně dopad na společenstva zooplanktonu a zoobentosu a následně na fyzikálně-chemické vlastnosti vody, včetně kvality vody z rybníka odtékající. Aplikací eliminačních opatření dochází k vytvoření stabilnějších, početnějších a druhově bohatších společenstev zooplanktonu (jedná se především o velké filtrátory r. *Daphnia*), tak i zoobentosu po delší část sezóny. V této souvislosti je však nezbytné poznamenat, že negativní vliv střevličky východní na společenstva zoobentosu je spíše nepřímý, a to vlivem vytvořeného konkurenčního tlaku na



kapra z důvodu nedostatku (eliminace) zooplanktonu, kdy kapr je v takové situaci nucen se více orientovat na vyhledávání bentických zdrojů. Vlivem stabilnějších společenstev zooplanktonu i zoobentosu tak dochází jak k udržení vyšší průhlednosti vody (a tím vyšší primární produkce a následně i sekundární produkce v podobě biomasy zooplanktonu a zoobentosu) po delší část roku, tak ke snížení eutrofizačního potenciálu rybníční produkce i celého povodí. Cyklus fosforu je pomalejší a účastní se ho menší množství z celkového fosforu v rybníku přítomného (ve srovnání s rybníky, kde se rozvine střevlička). Důvodem je dostatek zooplanktonu (recipient fosforečnanů), snížená rycí aktivita kaprů (hledajících zoobentos), v kombinaci s vyšším obsahem kyslíku a dusičnanů u dna. V rybnících s přijatými opatřeními eliminujícími přítomnost a rozvoj střevličky tak dochází nejen k účinnému toku energie a hmoty (včetně živin) v pastevním systému od primárních producentů a destruentů přes biomasu zooplanktonu a zoobentosu do biomasy komerčně cenných druhů ryb (kapra), ale také k lepšímu udržování ekosystémových služeb. Ty běžně v rybníkářské praxi nazýváme mimoprodukční funkce rybníků. V našem případě se jedná především o udržení funkce regulační (snížení eutrofizačního potenciálu), biodiverzitové (udržení druhové rozmanitosti především vodních bezobratlých – hlavně hmyzu a měkkýšů, ale také vodních ptáků) a rekreační (díky vysoké průhlednosti vody a zabránění rozvoji vodního květu). V souvislosti s udržením biodiverzitové ekosystémové služby přímo souvisí povinnost přijímat v praxi opatření pro eliminaci střevličky (nejen v rybnících), jako nepůvodního, invazního druhu fauny, neboť nám to přímo ukládá Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014 ze dne 22. října 2014 o prevenci a regulaci zavlékání či vysazování a šíření invazních nepůvodních druhů.

Přijetí opatření pro eliminaci střevličky (podobně jako jiných plevelných druhů ryb majících podobný dopad na fungování rybníků - např. karas stříbřitý, ježdík obecný, plotice obecná, ...) tak přináší v konečném důsledku i benefit sociopolitický v podobě lepšího vnímání chovu ryb v rybnících veřejností. Fungující rybníky s přijatelnou kvalitou vody (vysoká průhlednost, eliminovaný rozvoj fytoplanktonu, převážně sinic) naprosto jednoznačně mají potenciál pro zvýšení renomé českého rybníkářství, kulturního dědictví naší země. Tyto fungující rybníky, plnící nejrůznější ekosystémové služby, mají dále potenciál pro získání případných dotací v rámci ekologického udržitelného zemědělského obhospodařování krajiny ČR.

## **5. Závěr**

Realizovaný inovační projekt ověřil možnosti využití postupů pro potlačení rozvoje střevličky východní a pro eliminaci jejích negativních vlivů na rybníční akvakulturu. Hlavním cílem bylo zjistit a kvantifikovat vliv přítomnosti střevličky nebo naopak její eliminace na produkční výsledky a kvalitu masa ryb, na množství a strukturu přirozené potravy (zooplanktonu a zoobentosu) a kvalitu vody. V rámci projektu byla také vyhodnocena ekonomická náročnost otestovaných eliminačních opatření a ekonomický, ekologický a sociopolitický přínos těchto změn. Snahou projektu bylo zlepšit welfare chovaných ryb, ekologický potenciál rybníků, vnímání rybníční produkce veřejností, a hlavně pak zvýšit profitabilitu chovu ryb v rybnících při udržení srovnatelných výrobních nákladů.

Z výsledků projektu je patrné že:

- Přítomnost střevličky východní má silně nepříznivý vliv na celý rybníční ekosystém, včetně společenstev zooplanktonu a zoobentosu. Všeobecně byl potvrzen silný vyžírací tlak shora (tzv. top-down efekt) střevličky a jeho negativní důsledky na strukturu (druhové složení, abundanci a biomasu) zooplanktonu, zejména na velké zástupce rodu *Daphnia* a další druhy perlooček (Cladocera). Vliv střevličky na společenstva zoobentosu je





spíše nepřímý díky konkurenčnímu tlaku střevličky na kapra obecného (eliminace planktonních korýšů střevličkou), který je v takové situaci nucen se více orientovat na vyhledávání bentických potravních zdrojů.

- Přítomnost střevličky má vliv na chemismus vody v rybnících sekundární, nikoliv primární. Zprostředkovaný vliv střevličky na kvalitu vody v rybnících spočívá v silném vlivu (dopadu) na biotu (společenstva zooplanktonu a zoobentosu) a následně pak na samotné rybníční prostředí. Přítomnost střevličky zrychluje cyklus fosforu, kterého se navíc účastní větší množství z celkového fosforu v rybníku přítomného. Důvodem je nedostatek/absence zooplanktonu (za normální situace recipienta fosforečnanů), intenzivní rycí aktivita kaprů (hledajících bentos za absentující zooplankton), v kombinaci s nízkým obsahem kyslíku a dusičnanů u dna. To následně vede k masivní aktivaci fosforu uloženého v sedimentech dna, který přechází do své mobilní fáze, zvyšuje se tak podíl reaktivního fosforu a zhoršuje se kvalita vody. Průhlednost vody v rybníku je funkcí přítomnosti hrubého zooplanktonu (převážně perlooček – hrotnatek: r. *Daphnia*) jako významného filtračního činitele. Proto vysoké průhlednosti vody bylo dosaženo u rybníků, na kterých byla přijata eliminační opatření. Koncentrace nerozpuštěných látek v rybnících, kde byl eliminován vliv střevličky, jsou vyšší z důvodu mnohem vyššího množství přítomného zooplanktonu (korýšů bohatých především na Ca, P, Mg, Si, aj.) ve vodním sloupci. To se následně projevuje vyšším obsahem popelovin ve spáleném vzorku.

- Přijetí opatření vedoucích k eliminaci výskytu a rozvoje střevličky v rybnících vede k výraznému zlepšení ekonomických (produkčních) ukazatelů rybníčního chovu kapra. Jedná se o vyšší přežití (o 4 – 5 %), nižší koeficient konverze krmiva (FCR) a naopak vyšší účinnost konverze krmiva (FCE) o 25 % (u rybníků s vyšší obsádkou kaprů bude tato úspora ještě vyšší). Fultonův koeficient se zvyšuje o více jak 15 %. Hektarové výnosy produkce kapra dosahují v průměru o 80 % vyšších hodnot (schodek v hektarovém výnosu produkce kapra u rybníků se „střevličkovým“ managementem odpovídá nárůstu biomasy střevličky, tj. hektarovému výnosu produkce střevličky).

- Eliminace střevličky v rybnících přináší mnohonásobně vyšší kvalitu výsledného produktu – svaloviny (masa). Svalovina má lepší kompozici mastných kyselin [vysoký podíl esenciálních, (poly-)nenasycených n-3 (omega 3) mastných kyselin] a tím vyšší dietetickou hodnotou pro člověka jako případného konzumenta. V rybnících bez střevličky tak dochází k účinnému přenosu n-3 nenasycených mastných kyselin (původem z přirozené potravy – zooplanktonu a bentosu) potravním řetězcem.

- Přijatá opatření pro eliminaci výskytu střevličky v rybnících přináší i významný zdravotní benefit pro zvýšení welfare a zlepšení chovu kapra, kdy kapři netrpí tkáňovými lézemi (na povrchu těla a svaloviny) vyvolané predací/parazitismem střevliček.

- Aplikace eliminačních opatření má pozitivní ekonomický dopad (udržení výnosů) nejen na rybník, kde jsou tato opatření aplikována, ale i na rybníky pod ním, respektive celou soustavu rybníků, díky tomu, že nedochází k šíření střevličky z rybníku do rybníku s vodou.

- Ekologický aspekt benefitů vyplývajících z přijatých opatření na eliminaci střevličky lze vidět ve vytvoření stabilnějšího životního prostředí poskytujícího vyšší pufrační kapacitu pro eliminaci disturbancí a eutrofizačních nutrientů (především P) přicházejících z povodí (zemědělství, splaškové vody, odlehčení ČOV).

- V rybnících s přijatými opatřeními eliminujícími přítomnost a rozvoj střevličky dochází nejen k účinnému toku energie a hmoty (včetně živin) v pastevním systému od primárních producentů a destruentů přes biomasu zooplanktonu a zoobentosu do biomasy komerčně cenných druhů ryb (kapra), ale také k lepšímu udržování ekosystémových služeb (mimoprodukčních funkcí rybníků) – především funkce regulační (snížení eutrofizačního





potenciálu), biodiverzitové (udržení druhové rozmanitosti především vodních bezobratlých – hlavně hmyzu a měkkýšů, ale také vodních ptáků) a rekreační (díky vysoké průhlednosti vody a zabránění rozvoji vodního květu).

- Přijetí opatření pro eliminaci střevličky vede i k lepšímu vnímání chovu ryb v rybnících veřejností, neboť rybníky bez střevličky lépe fungují, tj. udržují si snáze přijatelnou kvalitou vody (vysoká průhlednost, eliminovaný rozvoj fytoplanktonu, převážně sinic).

- Opatření přijatá pro eliminaci výskytu střevličky v rybnících tak přináší jak ekonomické, tak ekologické a sociopolitické benefity.

Na základě zkušeností z projektu lze pro monitoring výskytu střevličky a rámcový odhad její biomasy použít metodiku kombinující odlov do hydrobiologické vrhací sítě a vrší, neboť se jedná o levný, rychlý a účinný nástroj během vegetační sezóny (limitace je pouze v chladných částech roku – podzim až jaro).

Navržená a otestovaná opatření pro eliminaci výskytu a rozvoje střevličky představují pro rybářskou praxi nenáročná, ale nezbytná opatření, která však musí být následně v praxi skutečně důsledně dodržována a využívána za účelem eliminace ekonomických a dalších ztrát způsobených přítomností nechtěné, invazní střevličky východní v rybnících, udržení ekosystémových služeb (mimoprodukčních funkcí rybníku) a pro zvýšení společenské relevance rybníčního chovu ryb v očích veřejnosti.

Nabízí se také samozřejmě další eliminační opatření zamezující vstup střevličky do rybníků (síta, štěrková lože na přítoku apod.), ale na jejich přijetí není současná rybníkářská praxe (prozatím) připravena (argumentace vysokým rizikem zanášení, přetečení a vysokými náklady na čištění sedimentem zanesené stoky). Jejich aplikace totiž vyžaduje další posun ve vnímání rybníkářské praxe problematiky šíření nepůvodních, invazních druhů ryb v rybníčních ekosystémech a chápání rozsahu škod, které tyto nechtěné organismy páchají. Tato problematika bude nabývat čím dál většího významu, zvláště pak ve světle současných globálních klimatických změn, kdy k významnému šíření invazních druhů dochází i přirozenou cestou. V kombinaci s nevyrovnaným vodním režimem v krajině (a všeobecným bojem o využívání vody dnešní společností) se tak bude již velmi za krátko jednat o velice palčivý problém, kterému bude česká rybníční akvakultura čelit (světová akvakultura tomuto problému již čelí).

## **6. Poděkování**

Jménem řešitelského kolektivu bych rád poděkoval za vzornou spolupráci a vstřícný přístup při plnění zadaných úkolů podniku Blatenská ryba s.r.o. – především panu Jiřímu Bláhovi, Dr. Davidu Hlaváčovi, Gustavu Rážovi, Ing. Miroslavu Malečkovi, Vojtěchu Košatkovi, Petru Tomáškovu a Ing. Pavlu Benediktovi. Dále bych chtěl poděkovat kolegům a kolegyním, bez kterých by výstupy projektu nemohly nikdy vzniknout. Jedná se o tým z Přírodovědecké fakulty JU (prof. Jaroslav Vrba, Dr. Michal Šorf, Mgr. Kateřina Kocourková, Mgr. Veronika Kreidlová), Povodí Vltavy s.p. (Dr. Jan Potužák, Dr. Jan Rucký), Hydrobiologického ústavu BC AVČR, v.v.i. (Dr. Petr Blabolil, Dr. Jiří Peterka, Ing. Tomáš Kovařík, Mgr. Luboš Kočvara, Dr. Vladislav Draštík, Dr. Romulo dos Santos, Zdeněk Prachař) a FROV JU (Dr. Ján Regenda, Ing. Lenka Kajgrová, Pavel Koukolík, Dr. Aleš Tomčala, Zdenka Machová, doc. Jan Mráz, Ing. Jan Kašpar, Bc. Josef Vobr, Bc. Pavlína Gálová, Ing. Josef Příborský).



## **7. Seznam obrázků**

- Obr. 1. Desinfekce dna vyloveného rybníku a eliminace nežádoucích organismů chlorovým vápnem aplikovaným do loviště a stoky rybníků Buchhameru (vlevo) a Prostřední Koupě (vpravo).
- Obr. 2. Aplikace chlorového vápna na Sirotěm horním.
- Obr. 3. Pravidelná projektová jednání s pracovníky spolupracujícího provozního subjektu Blatenská ryba s.r.o. pro nastavení managementu experimentálních lokalit, projednání postupu projektu a jeho průběžných výsledků.
- Obr. 4. Instalace automatických záznamových zařízení Minikin-T pro kontinuální monitoring teploty vody (Siroťčí horní).
- Obr. 5. Pohled na rybník Buchhamer (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 6. Pohled na rybník Šamonický dolní (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 7. Pohled na rybník Prostřední Koupě (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 8. Pohled na rybník Lusk (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 9. Pohled na rybník Siroťčí horní (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 10. Pohled na rybník Siroťčí dolní (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).
- Obr. 11. Selektce násady kapra na přebírce na sádkách Rojice. Vybrání vhodné velikosti násady a eliminace nechtěné střevličky východní (zbavení kapra případných jedinců střevličky nacházejících se v ústech a žaberním prostoru).
- Obr. 12. Vysazení jednorokých candátů obecných do rybníků s bezstřevličkovým managementem za účelem eliminace případných plevelných druhů ryb (vč. střevličky) vniklých do rybníka z povodí nebo s násadou kapra.
- Obr. 13. Odběr směšného vzorku vody z různých míst rybníku van Dornovým odběrákem pro analýzy kvality vody a zooplanktonu.
- Obr. 14. Filtrace směšného vzorku vody přes planktonní síťku pro získání vzorku zooplanktonu.
- Obr. 15. Zahuštění vzorku zooplanktonu přes planktonní síťku.
- Obr. 16. Zkoncentrovaný vzorek zooplanktonu z května 2020 z Lusku plný dospělých perlooček r. *Daphnia* a buchaneček.
- Obr. 17. Měření průhlednosti vody Secchiho deskou na Šamonickém dolním.
- Obr. 18. Odběr vzorku vody a měření fyzikálně-chemických vlastností vody terénními multimetry Hach HQ40d na Prostřední Koupě.
- Obr. 19. Odběry vzorků vody pro měření kvality vody v laboratořích Povodí Vltavy s.p. (vlevo). Filtrování vzorku vody pro analýzy rozpuštěných látek (vpravo).
- Obr. 20. Kontrolní odlov střevličky východní vrhací sítí.
- Obr. 21. Vyjmutí chycených střevliček východních z vrhací sítě při kontrolním odlovu.
- Obr. 22. Kontrolní odlov kapra obecného vrhací sítí.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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

- Obr. 23. Pravidelný monitoring růstu a zdravotního stavu chovaných kaprů z odchytů do vrhací sítě.
- Obr. 24. Instalace podložní sítě do stoky pod hrází rybníku Sirotčí dolní pro filtraci odtékající vody a zachycení unikající střevličky během spouštění a výlovu rybníku.
- Obr. 25. Nainstalovaná podložní síť pod hrází rybníku Lusk pro zachycení unikající střevličky během spouštění a výlovu rybníku.
- Obr. 26. Výlov rybníku Buchhamer.
- Obr. 27. Zahájení výlovu rybníku Sirotčí horní – nainstalovaná podložní síť pod hrází se musí pravidelně čistit a zbavovat nečistot.
- Obr. 28. Odlov střevličky východní pod hrází rybníku Lusk do nainstalované podložní sítě.
- Obr. 29. Jadření podložní sítě nainstalované pod hrází rybníku Sirotčí dolní a odchyt střevličky východní.
- Obr. 30. Odlov střevličky východní v lovišti rybníku Lusk.
- Obr. 31. Separace střevličky východní odchycené do podložní sítě pod hrází od detritu.
- Obr. 32. Brakování slovených kaprů na přebírce.
- Obr. 33. Vážení kaprů pro určení celkového výlovku z rybníku Lusk.
- Obr. 34. Individuální měření a vážení kaprů po výlovu rybníku Šamonický dolní.
- Obr. 35. Patrné poškození na ocasním násadci kapra obecného chovaného v přítomnosti střevličky východní. Důkaz fakultativního parazitismu a dalších škod střevličky na obsádce kapra. Vlevo: celkový pohled na poškozeného kapra. Vpravo: detail tkáňové léze při bázi ocasní ploutve.
- Obr. 36. Rybník Lusk byl při výlovu plný střevličky k prasknutí (konečný výlovek biomasy kapra a střevličky dosáhl poměru 1:1).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 1. Desinfekce dna vyloveného rybníku a eliminace nežádoucích organismů chlorovým vápnem aplikovaným do loviště a stoky rybníků Buchhameru (vlevo) a Prostřední Koupě (vpravo).



Obr. 2. Aplikace chlorového vápna na Sirotčím horním.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 3. Pravidelná projektová jednání s pracovníky spolupracujícího provozního subjektu Blatenská ryba s.r.o. pro nastavení managementu experimentálních lokalit, projednání postupu projektu a jeho průběžných výsledků.



Obr. 4. Instalace automatických záznamových zařízení Minikin-T pro kontinuální monitoring teploty vody (Sirotčí horní).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 5. Pohled na rybník Buchhamer (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 6. Pohled na rybník Šamonický dolní (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 7. Pohled na rybník Prostřední Koupě (bezstřevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 8. Pohled na rybník Lusk (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 9. Pohled na rybník Sirotčí horní (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 10. Pohled na rybník Sirotčí dolní (střevličkový management) v průběhu sezóny: nahoře – březen (nasazení ryb), uprostřed – červen/červenec (vrchol sezóny), dole – září (konec sezóny).





Obr. 11. Selektce násady kapra na přebírce na sádkách Rojice. Vybrání vhodné velikosti násady kapra a eliminace nechtěné střevličky východní (zbavení kapra případných jedinců střevličky nacházejících se v ústech a žaberním prostoru).



Obr. 12. Vysazení jednorokých candátů obecných do rybníků s bezstřevličkovým managementem za účelem eliminace případných plevelných druhů ryb (vč. střevličky) vniklých do rybníka z povodí nebo s násadou kapra.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 13. Odběr směsného vzorku vody z různých míst rybníku van Dornovým odběrákem pro analýzy kvality vody a zooplanktonu.



Obr. 14. Filtrace směsného vzorku vody přes planktonní sítku pro získání vzorku zooplanktonu.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 15. Zahuštění vzorku zooplanktonu přes planktonní síťku.



Obr. 16. Zkoncentrovaný vzorek zooplanktonu z května 2020 z Lusku plný dospělých perlooček r. *Daphnia* a buchaneček.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 17. Měření průhlednosti vody Secchiho deskou na Šamonickém dolním.



Obr. 18. Odběr vzorku vody a měření fyzikálně-chemických vlastností vody terénními multimetry Hach HQ40d na Prostřední Koupě.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 19. Odběry vzorků vody pro měření kvality vody v laboratořích Povodí Vltavy s.p. (vlevo). Filtrování vzorku vody pro analýzy rozpuštěných látek (vpravo).



Obr. 20. Kontrolní odlov střevličky východní vrhací sítí.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 21. Vyjmutí chycených střevlíček východních z vrhací sítě při kontrolním odlovu.



Obr. 22. Kontrolní odlov kapra obecného vrhací sítí.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 23. Pravidelný monitoring růstu a zdravotního stavu chovaných kaprů z odchytů do vrhací sítě.



Obr. 24. Instalace podložní sítě do stoky pod hrází rybníku Sirotky dolní pro filtraci odtékající vody a zachycení unikající střevličky během spouštění a výlovu rybníku.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 25. Nainstalovaná podložní síť pod hrází rybníku Lusk pro zachycení unikající střepličky během spouštění a výlovu rybníku.



Obr. 26. Výlov rybníku Buchhamer.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 27. Zahájení výlovu rybníku Sirotčí horní - nainstalovaná podložní síť pod hrází se musí pravidelně čistit a zbavovat nečistot.



Obr. 28. Odlov střevličky východní pod hrází rybníku Lusk do nainstalované podložní sítě.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 29. Jadření podložní sítě nainstalované pod hrází rybníku Sirotčí dolní a odchyt střevličky východní.



Obr. 30. Odlov střevličky východní v lovišti rybníku Lusk.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 31. Separace střevličky východní odchycené do podložní sítě pod hrází od detritu.



Obr. 32. Brakování slovených kaprů na přebírce.





EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 33. Vážení kaprů pro určení celkového výlovku z rybníku Lusk.



Obr. 34. Individuální měření a vážení kaprů po výlovu rybníku Šamonický dolní.



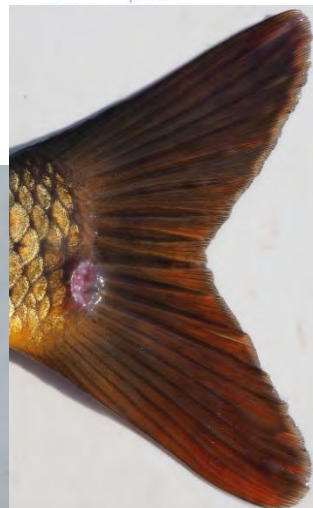


EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



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

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



Obr. 35. Patrné poškození na ocasním násadci kapra obecného chovaného v přítomnosti střevličky východní. Důkaz fakultativního parazitismu a dalších škod střevličky na obsádce kapra. Vlevo: celkový pohled na poškozeného kapra. Vpravo: detail tkáňové léze při bázi ocasní ploutve.



Obr. 36. Rybník Lusk byl při výlovu plný střevličky k prasknutí (konečný výlovek biomasy kapra a střevličky dosáhl poměru 1:1).