

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

Bakalářská práce

2017

Marie Křížová

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

**Analýza růstu okouna říčního *Perca fluviatilis*
v nádržích České republiky**

Bakalářská práce

Marie Křížová

Školitelka: Ing. Jaroslava Frouzová, Ph.D.

České Budějovice 2017

Křížová, M. (2017): Analýza růstu okouna říčního *Perca fluviatilis* v nádržích České republiky. [Growth rate analysis of perch *Perca fluviatilis* in Czech reservoirs]. Bc. Thesis, in Czech, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic, p. 71.

Abstrakt

Práce shrnuje dosavadní publikované poznatky v oblasti faktorů ovlivňující růst okouna říčního *Perca fluviatilis* a prostřednictvím analýzy otolitů vyhodnocuje jeho růstové charakteristiky ve vybraných nádržích. Na základě zjištěného růstu v odlišných podmínkách jsou vyhodnoceny potencionální faktory zodpovědné za zjištěné růstové charakteristiky korelačními závislostmi a následně lineární regresí. Analýza otolitů ukázala, že největší okouni jsou zpravidla samice, dále rozdílný růst okounů mezi jednotlivými nádržemi a nakonec byl potvrzen vliv některých z charakteristik na růst věkových skupin 0+ až 5+ a jejich meziroční přírůstky.

Klíčová slova: otolit, podmínky prostředí, nádrž, růst, okoun říční

Abstract

This thesis summarises published knowledge on factors affecting the growth of European perch *Perca fluviatilis* and evaluates its growth characteristics in five chosen reservoirs using otolith analysis. The growth differs between reservoirs and this differences are explained by reservoir characteristics applying correlation analysis followed by linear regression. Otolith analyses shows that females reach bigger sizes than males. Several reservoir characteristics are proven to effect European perch growth of age classes of 0+ to 5+ and its annual size increment.

Key words: otolith, environment conditions, reservoir, growth, European perch

Příjmení, jméno, titul garanta: Prof. Jan Kubečka, CSc.

Příjmení, jméno, titul vedoucího práce: Ing. Jaroslava Frouzová, Ph.D.

Příjmení, jméno, titul konzultanta: RNDr. Petr Blabolil, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20. 11. 2017

.....

Marie Křížová

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucí své bakalářské práce Ing. Jaroslavě Frouzové, Ph.D. za její čas a ochotu při konzultacích a pomoc se vznikajícím textem této práce. Další poděkování patří konzultantu RNDr. Petru Blabolilovi, Ph.D. za jeho cenné názory a připomínky k dané problematice a Mgr. Kateřině Soukalové za pomoc při laboratorním zpracování otolitů. V neposlední řadě nesmím opomenout mou rodinu, která mě během práce jak psychicky, tak i finančně podporovala. Rovněž mé poděkování patří Biologickému centru AV ČR, v.v.i., Hydrobiologickému ústavu v Českých Budějovicích, oddělení ekologie ryb a zooplanktonu a výzkumné infrastruktuře SoWa za uvedení do vědecké práce. Nakonec mé poděkování patří státním podnikům Povodí Vltavy, Povodí Moravy a Palivovému kombinátu Ústí za poskytnuté údaje o environmentálních parametrech sledovaných nádrží.

Obsah

1. Úvod.....	2
2. Literární rešerše.....	3
2.1 Věk a růst ryb.....	3
2.1.1 Obecná charakteristika růstu	3
2.2 Druh: Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	3
2.2.1 Geografické a stanovištní nároky okouna říčního.....	3
2.2.2 Charakteristika okouna říčního	4
2.2.3 Faktory ovlivňující růst okouna říčního	5
3. Metodika	16
3.1 Studované oblasti.....	16
3.1.1 Karhov	16
3.1.2 Most.....	17
3.1.3 Nýrsko	17
3.1.4 Římov	18
3.1.5 Vranov	18
3.2 Sběr biologického materiálu.....	19
3.2.1 Odlov ryb.....	19
3.3 Zpracování úlovku	20
3.3.1 Zpracování ryb z tenatních sítí	20
3.3.2 Vyjmutí otolitu	20
3.4 Laboratorní zpracování.....	21
3.5 Určování věku ryb	21
3.6 Zpracování dat	22
4. Výsledky	24
5. Diskuze.....	30
6. Závěr	35
7. Seznam citované literatury.....	37
8. Přílohy.....	47

1. Úvod

Tato práce shrnuje publikované poznatky a zabývá se vlastním hodnocením faktorů majících potencionální vliv na růst okouna říčního (*Perca fluviatilis*) ve vybraných nádržích za použití věkové analýzy otolitů (sluchových kaménků).

Okoun říční je jedním z nejběžnějších druhů ryb v České republice. Okoun se velmi dobře přizpůsobuje prostředí, jelikož je flexibilní jak ve výběru třecích ploch, tak i potravy. Tato vlastnost mu přináší dobrou i špatnou pověst zároveň (Švátora 1986), proto je schopen konkurovat hospodářsky hodnotnějším druhům a je tedy z rybářského hlediska nežádoucí v plůdkových rybnících a ve pstruhových vodách (Švátora 1986). Na druhou stranu tento druh dokáže ve vhodných podmínkách, jako jsou údolní nádrže nebo rybníky rychle růst a může dosahovat až hmotnosti 3 kg a délky přes 50 cm. Atraktivitu lidí si získal také díky svému kvalitnímu a velmi chutnému masu (Švátora 1986). Význam okouna je oceňován jak u nás, o čemž svědčí statistiky Českého rybářského svazu, které uvádějí od roku 1990 průměrný úlovek 24 tun za rok (ČRS 2017), tak i v zahraničí (Švátora 1986).

Dalším ze zásadních významů okouna je jeho využití při biomanipulaci, tedy ekologickém procesu, který zásahem do rybího společenstva ovlivňuje nižší trofické úrovně. Piscivorní okouni potlačují planktivorní ryby, čímž dojde k navýšení množství velkého zooplanktonu (především perlooček rodu *Daphnia*), který je schopen potlačit fytoplankton. Výsledkem je vyšší průhlednost vody umožňující rozvoj submerzní vegetace v mělkém litorálu, na ni navázanou faunu a obecně vyšší kvalitu vody (Randák *et al.* 2015).

2. Literární rešerše

2.1 Věk a růst ryb

2.1.1 Obecná charakteristika růstu

Pokud dochází k zvětšování rozměrů organismu, nazýváme tento jev růstem. Jedná se též o proces, během kterého jedinec ale i celá populace reaguje na prostředí a jeho změny. Dostatek potravy je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících růst a úzce souvisí s početností (hustotou) populace daného druhu i ostatních tvořících společenstvo v konkrétním místě (viz níže, konkurence). Limitaci růstu mohou ale ovlivnit i abiotické faktory jako teplota, světlo, či salinita. Další důležitou roli během růstu hraje i množství rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Charakter (rychlost) růstu je specifický nejen pro jednotlivé druhy, ale i pro jednotlivé etapy života v rámci druhu (embryonální, juvenilní, adultní a senektivní) (Pivnička 1981). Růst je u většiny druhů nejrychlejší do dosažení pohlavní dospělosti, v tomto období je energie spotřebována na stavbu tkání jedince. Po dosažení pohlavní dospělosti, dochází k poklesu rychlosti růstu, protože energie je využita zejména k tvorbě pohlavních orgánů. Rychlost růstu se může ve starším věku zrychlit u dravců, kteří přecházejí na rybožravý způsob života později (Pivnička 1981).

K analýze růstu je nejvhodnější využití jednoho druhu s širokým areálem rozšíření avšak s konkrétními preferencemi prostředí, jakým je právě okoun říční. Okoun v některých našich rybnících a přehradních nádržích vykazuje dobrý růst v důsledku dostatku potravy a malé konkurence ze strany jiných druhů ryb, což je patrné zejména v počáteční fázi vývoje rybího společenstva, jak bylo pozorováno v prvních letech po napuštění nádrží Klíčava a Římov (Vostradovský 1962; Říha *et al.* 2009).

2.2 Druh: Okoun říční (*Perca fluviatilis*)

2.2.1 Geografické a stanovištní nároky okouna říčního

Okoun říční patří do čeledi okounovití, rodu okoun. Tento rod zahrnuje tři druhy (okoun říční, okoun balchažský *Perca schrenkii* a okoun žlutý *Perca flavescens*) žijící v Evropě, Asii a v Severní Americe. Areál rozšíření okouna říčního (obr. 1) pokrývá celou Evropu

kromě Pyrenejského poloostrova, západ Balkánského poloostrova, Krymu, ale i Skotska a Norska (Freyhof a Kottelat 2008).

Spektrum vodních útvarů, které okoun říční osidluje, je velmi široké. Zahrnuje tekoucí i stojaté vody. Můžeme jej spatřit v ramenech řek, tůních, potocích, řekách i v přehradních nádržích (Švátora 1986). V pobřežních oblastech Baltského moře vplouvá okoun i do brakické vody (Thorpe 1977a). Dokáže se pohybovat i v tocích s rychlostí proudu až do $45\text{--}60\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (Balon 1962; Hergenrader a Hasler 1967). Jak je patrné z českých přehradních nádrží, okouni nejsou v nádrži rozmístěni rovnoměrně, nýbrž častěji preferují příbřežní části na méně úživných lokalitách, typicky v hrázové oblasti (Prchalová *et al.* 2008; Vašek *et al.* 2016).

2.2.2 Charakteristika okouna říčního

Typickým znakem je laterálně zploštělé tělo se dvěma hřbetními ploutvemi a ktenoidními šupinami. Hřbetní vyklenutost se podle různých lokalit značně mění (Adámek *et al.* 2015). Skřelová kost (operculum) je ošupená a je na ní přítomný jeden plochý trn, praeoperculum je jemně ozubené a na spodním okraji má větší háčkovité zuby (trny). Interoperculum je na dolním okraji jemně ozubené a suboperculum je ošupené. Pásmo krycích podočnicových kostí a interoperculum je bez šupin společně se svrchní stranou lebky. Na mezičelistní kosti, na kosti zubní, radličné, patrových a vnějších křídlatých kostech se nacházejí drobné zuby, které slouží k přidržování chycené potravy. Podpěra žaberní blány je vyztužena sedmi kostěnými paprsky. Párové břišní ploutve se posunují dopředu tak, aby se jejich základna dostala téměř až pod základ prsních ploutví (Švátora 1986). Základním zbarvením okouna je žlutozelená a šedá barva se zelenočerným hřbetem, přičemž boky jsou žlutavé až žlutohnědé s mosazným leskem a nachází se na nich 5–9 hnědých či hnědočerných příčných pruhů. Břicho většinou bývá bělavé nebo žlutavé. Pruhy vyskytující se na bocích nebývají vždy úplně zřetelně viditelné, mohou být pouze slabě nastíněné či zcela chybí. Vzácně jsou okouni se žlutým nebo citronově žlutým zbarvením, popřípadě i černí jedinci (Berg 1949). U mladých okounů může být viditelný i modrofialový lesk po bocích těla. Přední hřbetní ploutev je většinou zabarvena do hněda či hnědošeda a mezi posledním 2–3 ostnem se vždy nachází výrazná černá skvrna. Druhá hřbetní ploutev,

kteřá bývá žlutozelená či žlutohnědá je nižší než první hřbetní ploutev. Prsní ploutve jsou nažloutlé, břišní a řitní živě červené, ocasní ploutev při dolním okraji je červená a její horní polovina šedočerná občas i s červeným nádechem. Duhovka v oku je výrazně oranžová. Intenzita zbarvení je odlišná dle místa výskytu a hloubky vody (Švátora 1986).

Okoun říční se řadí mezi středněvěké ryby, v našich podmínkách se může dožít stáří 15 let a jeho maximální velikost je 60 cm SL (Kottelat a Freyhof 2007). Podle řady autorů (Dyk 1944; 1956; Vostradovský 1970; Černý 1973; 1975a; 1975b; Černý a Pivnička 1973; Worthington 1950; Lind *et al.* 1974; Clady 1977) je okoun řazen mezi stanovištní ryby, protože jeho pohyb je většinou jen na malé vzdálenosti. Ale nejsou vyloučeny ani individuální migrace na větší vzdálenosti (Kočvara 2011). Okouní hejna mohou být tvořena až několika stovkami jedinců, jež jsou délkově a věkově rozvrstvené. Při soumraku se tyto hejna rozpadají a za svítání opět formují (Čech 2002).

Larvy okounů jsou po vylíhnutí pelagické (Coles 1981) a zdržují se v epilimnionu. Vzhledem k jejich citlivosti k přímému slunečnímu světlu vyhledávají pouze světlo rozptýlené a stín (Chevey 1925), úplné tmě se však vyhýbají (Privolnev 1956). Mladí okouni v době, kdy dosáhnou délky kolem 20 mm, přestanou být pelagičtí a přesouvají se do pobřežních mělčin. V červnu a srpnu mladí okouni tvoří velká hejna v oblasti podél břehů, hlavně na mělčích místech. Po rozvolnění letní stratifikace migrují do větších hloubek kvůli poklesu teploty (Coles 1981).

2.2.3 Faktory ovlivňující růst okouna říčního

Faktory mající vliv na růst okouna můžeme rozdělit na biotické a abiotické. Biotické faktory (faktory živé přírody) jsou především způsob a kvalita výživy, vnitrodruhové a mezidruhové vztahy (predace, konkurence, parazitismus aj.). Kdežto abiotické faktory jsou označovány jako faktory neživé přírody (nesouvisí s živými organismy), mezi které patří teplota, pH, světlo, salinita, koncentrace celkového fosforu, koncentrace rozpuštěného kyslíku aj. Většinu z těchto faktorů je velmi složité od sebe oddělovat, neboť nepůsobí samostatně, ale souborně (Pivnička 1981).

Potrava

Významným faktorem ovlivňující růst ryb je potrava. Ta zabezpečuje všechny energetické potřeby organismu ryb, včetně rozmnožování a růstu. Zdroje a organismy, které mohou ryby využívat jako potravu, jsou velmi různorodé, v našich podmínkách především: rostlinného (fytoplankton, makrofyta) a živočišného původu (zooplankton, bentičtí bezobratlí, ryby), vodní a suchozemské (Baruš a Oliva 1995). Podle způsobu přijímání potravy můžeme ryby dělit na dravce, spásáče, filtrátory, nasávače a parazity.

Okoun je řazen mezi dravce, živící se širokou škálou potravy včetně zooplanktonu, larev hmyzu, korýšů a malých ryb (Toner a Rougeot 2008). Keast (1977) ve své studii uvádí, že u blízce příbuzného okouna žlutého dochází během života (s přibývajícím věkem a velikostí) ke značné změně ve složení potravy. Tuto teorii názorně demonstroval na pěti ročnících okouna v jezeře Opinicon (Kanada). Z počátku je jeho hlavní potravou pelagický zooplankton, později však přechází na zoobentos a ryby. Okoun je také schopen pojídat široké spektrum organismů ve všech fázích života a živí se především potravou, která je v daném momentě nepočtenější a nejsnáze získatelná. V případě, že je 0+ okounů hojný počet, stává se okoun poměrně často kanibalem (Craig 1978). Pokud mají okouni dostatek kořisti, upřednostňují větší množství kořisti menší velikosti. Někteří autoři tvrdí, že právě díky preferenci menší kořisti stráví podstatně méně času zpracováním potravy, a tak zvýší energetický zisk za jednotku času (Post a Evans 1989; Tonn *et al.* 1991; Paszkowski a Tonn 1994).

Z bezobratlých živočichů se v potravě mohou vyskytovat především bentičtí či zooplanktonní korýši a také různá stádia hmyzu, ať už vodní vývojová stádia či dospělci. Další živočišnou složkou potravy mohou být kroužkovci, vodní pavoukovci a mlži (McCormack 1970; Rask 1986; Terlecki 1987), někdy dokonce dle Timmonsova tvrzení (1984) i statoblasty mechovky americké *Pectinatella magnifica*. Po dosažení více jak 150 mm celkové délky, začíná být piscivorním (Craig 1987) a jeho potrava je složena stále z většího poměru zastoupení rybí složky. Okouni preferují hojně se vyskytující druhy malé velikosti, bez upřednostňování bentických či pelagických druhů (Schaefer 1977). Jansen a Mackay (1992) dokonce zmiňují změnu ve skladbě potravy v průběhu 24hodinového cyklu.

Velikost, dostupnost kořisti, ale i přijatelnost kořisti jsou velmi důležité faktory při výběru potravy. Velikost pozřené kořisti je u mladých okounů dána velikostí otevření ústní dutiny (Craig 1987).

Pro většinu roku platí, že výrazné vrcholy potravní aktivity dospělých okounů nastávají zejména při východu a západu slunce (Craig 1977; Eriksson 1978). Stejně jako juvenilní jedinci loví i dospělí potravu během světelné fáze dne. Dle Jacobsena *et al.* (2002) jsou tyto vrcholy nejzřetelnější během chladného období roku a během letního období se ztrácejí. V letním období jsou dospělí okouni z hlediska potravy nejaktivnější (Timmons 1984).

Pokud bychom dle autorů Bergmana (1988) a Diehla (1988) pozměnili světelnou intenzitu, došlo by ke změně potravní aktivity okouna v průběhu dne. Například Craig (1987) uvádí, že ačkoli byla okouní populace krmena po celý den, maximální příjem potravy nastal po většinu měsíců v pozdních odpoledních hodinách či k večeru. Podobně byly pozorovány dva druhy okounů (okoun říční a okoun žlutý) v odlišných jezerech, kde během noci oba druhy zůstaly relativně neaktivní v mělké vodě na dně jezera a naopak za úsvitu se pohybovaly u pobřeží a živily se planktonem, rybami a někteří bentosem (Thorpe 1977b; Manteifel *et al.* 1965; Ward a Robinson 1974). Vzhledem k tomu, že v noci není okoun schopen detekovat potravu (Ali *et al.* 1977), nastává spánkový režim, který spočívá v tom, že se pohybová aktivita sníží na minimum (Alabaster a Robertson 1961; Helfman 1979).

Konkurence

Pojem potravní konkurence pojednává o vztahu mezi jedinci téhož druhu využívající jeden nebo více společných zdrojů potravy. Konkurence se nemusí týkat jen potravy, ale můžeme ji chápat i jako snahu dvou druhů využívat určitou výhodu prostředí (např. místo pro rozmnožování, úkryt apod.). V dané situaci může být nevýhodou pro zúčastněné druhy či jedince (tedy, když dochází k limitaci či úplnému vyčerpání potravních zásob) využívajících stejných potravních zdrojů. Nedostatek potravy může být definován i jako dostatek potravních složek, které jsou pro rybu nedostupné (Pivnička 1981). Koncentrace více jedinců na relativně omezeném místě při dostatku zdrojů nemusí vždy znamenat jen konkurenci, ale naopak výhodu. Tou je například hejnové chování, které napomáhá snáze objevit zdroj potravy při potravní migraci. V rámci konkrétního druhu se objevuje řada adaptací směřujících k potravnímu rozrůznění (dle pohlaví, aktuálního fyziologického stavu či velikosti). I přesto

nemusí zvýšená shoda potravních složek znamenat zvýšenou potravní konkurenci, ale jen zvýšené spektrum potravní složky, která je poté v potravě snadno dosažitelná a převládá. Zvyšováním mezi- a vnitrodruhové potravní konkurence dochází ke zhoršení růstu pozorovaného druhu (Pivnička 1981). Rychlost růstu závisí na početnosti populace. U starších věkových skupin dochází k výraznějším růstovým změnám než u těch mladších. Je to způsobeno zvýšenou potravní konkurencí u starších ryb v nádrži (Pivnička 1981).

Konkurence nemusí být jen vnitrodruhová, ale je i mezidruhová. Jedním z potenciálních konkurentů okouna je ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*) (Eckmann 2004; Schleuter 2007). Oba druhy (okoun a ježdík) jsou převážně bentičtí a obývají litorální pásmo. Okoun je vizuálně orientovaný predátor a proto úspěšnější v oligotrofních podmínkách, oproti ježdíkovi, který preferuje eutrofní zakalené vody. Pokud je ježdík úspěšnějším konkurentem ve vztahu k okounovi, dojde ke zpomalení růstu a k poklesu populace okouna (Baker *et al.* 2015).

V oblastech, kam byl okoun říční introdukovan, často konkuruje původním druhům (Welcomme 1988). V Austrálii a Jižním Walesu je kvůli tomu považován za škodlivý druh, vzhledem k schopnosti eliminace dalších druhů a pro negativní dopad na rekreační rybolov (NSW DPI 2012). Okoun si také může potenciálně konkurovat s původními druhy o zooplankton, makrobezobratlé a ryby (Closs *et al.* 2003). Podle Lintermanse *et al.* (1990) si okoun říční může dále konkurovat o potravu a prostor s paokounem mramorovaným (*Maccullochella peelii peelii*) a okounem zlatým (*Macquaria ambigua*). V Severní Americe je potenciálním konkurentem dalších ryb, které se živí bezobratlými a malými rybami včetně původních ryb Velkých jezer, jako je siven americký (*Salvelinus fontinalis*), síh sledřovitý (*Coregonus clupeaformis*) a slunečnice velkoploutvá (*Lepomis macrochirus*) (Thorpe 1977b). Na Novém Zélandu okoun potlačil i populace původního druhu hlaváče (*Gobiomorphus cotidianus*) přímou predací (Closs *et al.* 2003). Fyzické odstranění okouna vedlo k nárůstu populace tohoto druhu hlaváče. USFWS Risk Summary (2012) uvádí, že příčinou lokálního vyhynutí vzácné galaxie širokopásé (*Galaxiella munda*), je konkurence právě s okounem říčním.

Rozmnožování

Dalším významným faktorem, který může potenciálně ovlivnit růst a věk okouna je rozmnožování. Rozmnožování je úzce spjaté s ostatními faktory podílejícími se na růstu okouna (potrava, teplota) a ovlivňuje hustotu populace tohoto druhu.

Doba tření je závislá na geografickém rozšíření druhu a ovlivněna podmínkami prostředí, změnami délky dne a teplotními cykly. Před třením okouni investují značné množství energie a stavebních látek do tvorby pohlavních produktů a omezují růstovou rychlost. Tření okouna v nižších zeměpisných šířkách začíná dříve než v šířkách vyšších. Podle jednotlivých lokalit trvá zpravidla 1–3 týdny při teplotě 5–14 °C v období od pozdního února do časného července. Důležitým faktorem pro zahájení tření je teplota a také délka dne. Pokud se značně sníží teplota, dojde k přerušování tření, které opět pokračuje až po jejím opětovném zvýšení (Švátora 1986).

Tření okouna v našich klimatických podmínkách nastává od dubna do května, někdy až začátku června. Tření většinou probíhá na mělčích místech podél břehů s tvrdým dnem. Několik dní před vlastním třením se samci začnou shromažďovat na trdlišťích.

Při tření doprovází samici několik samců. Když vyhledají vhodné místo, začne samice nad zvoleným místem kroužit v malých kruzích, pak se prohne do tvaru písmene U a uvolní pás jiker, který připevní na ponořené větve, kořeny, kameny, popřípadě vodní rostliny. Současně samci nastavují svůj močopohlavní otvor těsně k samici a vypustí mlíčí ve chvíli, kdy dojde k uvolnění jiker samicí. Celý tento proces trvá jen několik sekund. Dle popisu Fabriciuse (1956), který tento děj pozoroval v akváriu, dojde po vytření k tomu, že samice začne samce odhánět a jikry poté hlídá dalších 5 hodin.

Okoun díky své vysoké plodnosti dokáže poměrně rychle dosáhnout vysoké početnosti. Okoun říční dospívá v našich podmínkách relativně brzy. Dosažení pohlavní zralosti je u samců ve stáří 1–2 let a u samic ve 2–3 letech. Nástup pohlavní zralosti souvisí s délkou těla a má na něj vliv řada faktorů jako je teplota, dostatek potravy (Švátora 1986). Plodnost okouna je velmi variabilní a osciluje v rozmezí 950–300 000 jiker v závislosti na velikosti samice. Absolutní plodnost okouna narůstá se zvyšující se hmotností, délkou těla a stářím, funguje tedy mezi těmito parametry přímá úměra (Baruš a Oliva 1995).

Nemoci okouna

Jak u okouna, tak i u dalších druhů můžeme sledovat řadu parazitů a posléze i řadu nemocí, jež mohou daného jedince negativně ovlivňovat v aktivním způsobu života včetně zpomalení až zastavení růstu. Tato onemocnění mohou být bakteriálního, virového, houbového či cizopasného původu. Existují však i neinfekční nemoci (Kestemont *et al.* 2015).

Onemocnění bakteriálního původu je mnohými lidmi zahrnováno mezi nejzávažnější choroby živočichů a rostlin. Bakterie jsou přirozenou složkou všech vodních prostředí, koexistující v křehké bilanci s rybou. Choroby týkající se bakteriálních infekcí jsou často spojené s akutními nebo chronickými stresovými faktory jako je špatná kvalita vody, tření či výskyt ve velkých hustotách. Dle Grignarda *et al.* (1996) *Aeromonas* sp., *A. veronii*, *A. hydrophila*, *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Vibrio fluvialis* a *Enterobacter agglomerans* jsou někteří ze zástupců bakterií podílející se na úmrtnosti okouna. Pro snížení výskytu nemoci, je nutné minimalizovat stres v akvakultuře okounů. Postižení bakteriální infekcí se obecně vyznačuje narušením nebo odumřením žaber, kůže a ploutví. U pokročilých infekcí dochází ke ztrátě funkce orgánu. Účinná léčba je závislá na rychlé a přesné diagnostické identifikaci a citlivosti antibiotik (Kestemont *et al.* 2015).

Flavobacterium psychrophilum je bakterie způsobující anemický syndrom plůdku pstruha duhového RTFS (z angličtiny rainbow trout fry syndrome) a flavobakteriálu žaber u lososovitých druhů ryb, u okouna vede ke zvýšení úmrtnosti, protože může vyvolat syndrom odumírání čelisti (degenerace úst). Také může způsobit degeneraci ploutví nebo v některých případech systémové onemocnění (Lönnström *et al.* 2008). Zlepšené podmínky prostředí a léčba širokospektrými antibiotiky jsou obvykle úspěšné v kontrolovaných podmínkách, pokud jsou podávána v období, když jsou ryby stále žravé. Bakterie byla také zjištěna u jinak zdravých divokých okounů (Madetoja *et al.* 2002). Dle některých autorů jsou u chovných okounů nízké teploty vody (7–8°C) spojené s touto nemocí, proto by měly být z tohoto důvodu kultivační podmínky udržovány okolo 20°C (Lönnström *et al.* 2008).

Onemocnění bakteriální rozpad ploutví neboli kolumnaróza (z angličtiny Columnaris disease) je způsobená bakterií *Flavobacterium columnaris*. Jedná se o relativně běžnou bakteriální infekci, při které dochází k postupně se zvětšujícím bělavým místům na tlamě, šupinách či ploutvích, jež se dále třepí a dochází k odpadávání jejich okrajů, tyto místa jsou

následně napadena plísní. Příčinou této nemoci může být špatná kvalita vody, stres a mechanická poranění (Hussain and Summerfelt 1991). V případě kanibalismu se může tato nemoc projevit i u larev. K přenosu bakterií dochází prostřednictvím kontaktu s kontaminovanou vodou, což vede k rychlému rozšíření (Kestemont *et al.* 2015).

Aeromonas, jsou druhy bakterií vyskytující se prakticky všude ve vodním prostředí a jsou nejčastějšími bakteriemi nakažených okounů. Bakterie rodu *Aeromonas* jsou známé i u kapra obecného, kde způsobují tzv. Erythrodermatitidu (infekční vodnatelnost). Často se objevují případy, kdy *Aeromonas* společně s ektoparazity tvoří infekce jako je *Heteropolaria sp.* nebo *Ichthyobodonecator*. Odumření ocasní ploutve je často pozorováno u mladých okounů a způsobují ji druhy jako *A. hydrophila*, *Saprolegnia sp.* a *I. necator*. Další smíšená infekce bakterie *A. hydrophila* a parazita *Heteropolaria sp.* byla vyzorována u chovných okounů. Je označována jako „nemoc rudých boláků“ a objevují se při ní krvácející rány na bocích těla (Kestemont *et al.* 2015).

Chovní okouni jsou také náchylnější na bakterii *Pseudomonas fluorescens*, která zapříčinila zvýšenou úmrtnost jako systémové onemocnění v cirkulačních líhních (Rodger, nepublikováno). Infekce se může projevit tzv. exoftalmem (vysunutí oka z očnice), naježením šupin či anémií žaber (Kestemont *et al.* 2015).

Bakteriální hemoragická septikémie, jinak řečeno nemoc „červené tlamy“ (z angličtiny Redmouth disease) je způsobená anaerobní bakterií *Yersinia ruckeri*. Často se vyskytuje při teplotě vody kolem 13 °C a nejvíce jsou ohroženy ryby do jednoho roku života. Ryby napadeni touto nemocí mnohdy mívají krváceniny v oblasti bázi ploutve, na čelistech a horním patře. Postižení jedinci rovněž špatně plavou a jejich tělo je tmavě zbarvené (Lotocki 2013a).

Viry jsou na rozdíl od bakterií označovány jako nebuněčné organismy a ke svému přežití a množení potřebují buňky hostitele, v tomto případě rybu. Epizootická haematopoitická nekróza (EHN) její virus způsobuje úmrtí u divoce žijících okounů v Austrálii, ale také může být nalezen u pstruha. Nicméně tento *Ranavirus* (rodu *Iridoviridae*) nebyl nikdy zaznamenán v Evropě, ačkoli jeho blízké příbuzné viry napadají sumce ve Francii a Německu. Příznaky tohoto onemocnění u okounů se projevují letargií, někdy se spirálovitým plaváním, v postižených vodních přítocích jsou stovky ryb postavené

hlavou ke dnu (Langdon a Humphrey 1987). Studie ukázaly, že ostatní evropské druhy jako sumeček černý (*Amerius melas*) a štika obecná (*Esox lucius*) jsou náchylné k EHN působením lázně. U EHN není žádná vakcína k dispozici a stejně jako u ostatních virových nemocí u ryb nejsou žádné léčebné postupy (Kestemont *et al.* 2015).

Virová hemoragická septikémie (VHS z angličtiny Viral Haemorrhagic septicaemia) způsobena rhabdovirem, který byl zaznamenán na celém světě u více než 80 mořských a sladkovodních druhů ryb, včetně okouna žlutého (Kane-Sutton *et al.* 2010; Phelps 2013). Jedná se o hemoragické poškození oka, kůže, svalů a vnitřních orgánů, jež jsou charakteristické pro toto onemocnění. Virus se do organismu dostává přes žábry. Z faktorů podílejících se na vzniku tohoto onemocnění lze jmenovat například stres, jako je tření (Kane-Sutton *et al.* 2010), dále nesprávné krmení, ale i nízká teplota (pod 8 °C). Choroba mívá akutní až chronický průběh. Nejprve dojde k napadení ledvin, odkud je virus rozšířen do jater a sleziny, kde dochází ke krvácení. Poté dojde k selhání funkce ledvin a tudíž ke vzniku vodnatelnosti (Encyklopedie Cojeco 2009). I přesto, že v dnešní době prakticky neexistuje žádná účinná léčba pro VHS, měl by být kladen důraz na biologickou bezpečnost (Kestemont *et al.* 2015).

Rhabdovirus okouních plůdků byl zaznamenán u divoce žijících a chovných okounů v celé severní Evropě (Dannevig *et al.* 2001; Olesen *et al.* 2005; Henshilwood *et al.* 2009). a může způsobit vysokou úmrtnost u juvenilních okounů. Příznaky tohoto onemocnění u chovných okounů zahrnují abnormální plavání, ucpání v oblasti báze ploutve, nahromadění tekutiny v dutině břišní a značný výčnělek, krvácení na kůži močového měchýře a ve viscerálním tuku. Histopatologie spojená s tímto virem zahrnuje multifokální nekrózu v krvetvorných tkáních v ledvinách a slezině, roztroušené nekrotické hepatocyty, nekrózu ve vrstvě střeva, proliferaci buněk a endokardiální přetížení mozkových plen (Kestemont *et al.* 2015).

Parazitární onemocnění neboli parazitóza, je choroba způsobená parazity. Může se projevit prakticky u všech organismů, včetně člověka. Dle původců je dělíme na nemoci vyvolané prvky, tzv. protozoózy, nemoci vyvolané červy, tzv. helmintózy a nemoci vyvolané členovci, tzv. artropodózy (Lotocki 2013b).

Mnoho parazitů bylo zaznamenáno u volně žijících okounovitých (Craig 2000), některé z nich jako *Ligula intestinalis* jsou spojené se špatným růstem (Pitt a Grundman 1957), nicméně ve většině záznamů týkajících se těchto parazitů nebyly popsány souvislosti s onemocněním. Mnoha z prvoků, jež způsobují ektoparazitické nemoci ryb, jsou pozorovatelné na juvenilních chovných okounech, především na jejich pokožce a žábřácích. Patří mezi ně např. *Ichthyobodo necator*, který může způsobit vysokou úmrtnost v plůdku okouna stejně jako *Trichodina* spp. a *Ichthyophthirius multifiliis* (Grignard *et al.* 1996).

Endoparazitičtí prvoci zaznamenaní u chovných okounů obsahují myxosporidie, *Myxobolus neurophilus*, jež byl problematickým zejména u okouna žlutého chovaného v Severní Americe (Khoo *et al.* 2010). Tento parazit napadá centrální nervovou tkáň a může způsobit neurologické příznaky a vysokou úmrtnost (Acland *et al.* 2000). Vyhodnocením pitvy u napadené ryby mohou být odhaleny malé bílé uzlíky (1–2 mm) na povrchu mozku a histopatologické úseky budou mít charakteristické spory. U volně žijícího okouna existují další druhy myxosporidean, které byly spojovány se zdravotními problémy. Mezi ně patří *Henneguya creplini*, která ve Finsku napadá žábry ryb (Haaparanta *et al.* 1994), *M. sandrae* spojeno s kosterní deformitou ve Skotsku (Lom *et al.* 1991) a *Triangula percae* způsobující zakřivení páteře v Austrálii (Langdon 1987). Kokcidie jako je *Eimeria* spp. byla pozorována ve střevech chovných a volně žijících okounů, nicméně jejich klinický význam je stále potřeba určit.

Heterosporóza, způsobená mikrosporami, konkrétně *Heterosporis sutherlandae*, je rozvíjející se nemoc v oblasti Velkých jezer, kde napadá okouna žlutého (Phelps 2013). Tento obligátní vnitrobuněčný parazit napadá svalové tkáně infikovaných hostitelů, což má za následek závažné svalové nekrózy a jejich zkapalňování. Napadená ryba ztrácí kondici, což vede nepřímo k vyšší úmrtnosti a dochází ke snížení produkční ceny zahrnující horší kvalitu masa (Kestemont *et al.* 2015).

I přes to, že byly monogenní *Gyrodactylus* sp. a *Dactylogyrus* sp. pozorovány u chovných okounů, nejsou žádné záznamy o tom, že by tyto druhy způsobovali závažné komplikace u chovných okounů. Motolice *Diplostomum spathaceum*, která způsobuje závažný šedý zákal u pstruha, byla zaznamenána i v oku okouna (sklivec a čočka), nicméně není považována za klinický problém pro okouna. O motolici, *Neascus* sp., jež způsobuje

černou skvrnu, není známo, že by rybě škodila (Vaughan a Coble 1975), ale mohla by snižovat hodnotu filetu u napadených ryb. Parazitě korýšů jako je *Argulus* sp., *Ergasilus* sp. a *Achtheres* sp. (Kempter *et al.* 2006) jsou také pozorovány u volně žijících ryb, ale u chovných ryb jejich propuknutí není zaznamenáno. Tasemnice *Triaenophorus crasses* byla nahlášena u chovných okounů, u kterých vytvářela na játrech bílé uzlíky (Wahli *et al.* 2005).

Teplota

Jedním z nejvýznamnějších a nejdůležitějších faktorů prostředí limitující rozšíření a početnost všech živočichů je teplota. Teplota ovlivňuje většinu životních pochodů, jako je rychlost růstu, rychlost trávení, intenzita metabolismu, popřípadě rychlost dozrávání gonád. Rovněž se podílí na aktivaci ryb k potravním migracím, a také ke tření. Ryby jsou obecně velmi závislé na teplotě prostředí, ve kterém se vyskytují. Mnohdy teplota těla ryby nepřesahuje teplotu prostředí o více než 0,5–1 °C. Pokud dojde k rychlé změně v teplotě, především k vyšší teplotě, může to pro poikilothermní živočichy v souvislosti s adaptací představovat velké nebezpečí. Naopak při poklesu teploty se ryby přizpůsobují snáze (Pivnička 1981). Každý druh má obvykle svůj práh teploty, pod kterým se netře, např. okoun se tře na severu svého rozšíření v červnu a na jihu v únoru, mezi teploty 4–14 °C (Thorpe 1977a).

Teplota má značný vliv i na příjem potravy. Od chovatelů ryb je známo, že pokud teplota dosáhne extrémně nízkých nebo naopak vysokých hodnot, ryby potravu nepřijímají (Baruš a Oliva 1995). Teplota je úzce spjata s nadmořskou výškou, neboť za normálních podmínek teplota vzduchu klesá asi o 0,65 °C s rostoucí výškou každých 100 m (Čermák *et al.* 2008).

Mezi parametry, které modulují potravní aktivitu, má teplota vody prvořadý význam. Okoun je považován za eurytermní rybu, neboť může tolerovat teplotu mezi 4–31 °C (Toner a Rougeot 2008). Okounovité ryby jsou poměrně teplomilné a vykazují nejrychlejší růst při relativně vyšších teplotách (22–27 °C). Dle Mélarde *et al.* (1995) se teplota vody 23 °C jevila jako optimální pro růst juvenilních okounů krmených 3krát denně při této teplotě. Růst 15gramové ryby chované při 27 °C byl o 12 % nižší než při 23 °C (Mélard *et al.* 1996). Podobně 100gramový okoun říční chovaný při 10 °C vykazoval o 20 % nižší růst ve srovnání s rybami chovanými při teplotě 23 °C (Mélard a Kestemont 1995). Tato teplota

(23 °C) může být tedy aplikována během odchovné životní etapy u okouna říčního s cílem optimalizovat jeho růst.

Koncentrace kyslíku ve vodě

Dalším podstatným faktorem ovlivňující fyziologické procesy a život ryb je koncentrace kyslíku ve vodě. Spotřeba kyslíku a jeho minimální koncentrace je úzce spojena s teplotou vody. Dle požadavků na koncentraci kyslíku ve vodním prostředí je podle Holčíka (1989) okoun řazen do skupiny s mírnými nároky na kyslík, preferující koncentraci 5–6 mg/l. Jestliže se ryba nachází v místě chudém na kyslíkové poměry, snaží se odtud rychle uniknout a najít optimální prostředí, kde si zajistí příznivější podmínky pro metabolické děje (Pivnička 1981).

3. Metodika

3.1 Studované oblasti

Odběr vzorků (otolitů) byl proveden na pěti vodních nádržích: Karhov, Most, Nýrsko, Římov v roce 2015 a Vranov v roce 2011. Všechny tyto nádrže byly vzorkovány v létě pomocí bentických a pelagických tenat. Veškerá práce v terénu byla provedena dle pokynů uvedených v publikaci Metodika monitorování rybích společenstev (Kubečka *et al.* 2010).

Téměř všechny studované nádrže jsou využívány jako vodárenské, dále mají energetické, zavlažovací či rekreační účely. Nádrže byly vybrány tak, aby reprezentovaly oblasti s různou nadmořskou výškou, různou plochou, hloubkou a trofíí.

3.1.1 Karhov

Vodní nádrže Karhov (GPS souřadnice 49.2122544N, 15.3081267E) se nachází v nadmořské výšce 780 m n.m. a říčním kilometru 10,5 Studenského potoka na jižním okraji Českomoravské vrchoviny u města Studená. Rozloha této nádrže činí 27 ha a celkový objem 0,561 mil. m³. Průměrná hloubka nádrže je zhruba 2 m, přičemž maximální hloubka je do 3,5 m. Vzhledem k malé hloubce se na nádrži obvykle nevytváří teplotní stratifikace (Blabolil *et al.* 2017). Nádrž je z hlediska koncentrace živin řazena mezi oligo- až mezotrofické vody, neboť průměrná koncentrace celkového fosforu se pohybuje kolem 24 µg/l, koncentrace chlorofylu *a* 17,9 µg/l a množství rozpuštěného kyslíku 9 mg/l (Blabolil *et al.* 2017). Karhov byl původně využíván jako hospodářský rybník se zemní homogenní hrází, jež v letech 1971–1974 podstoupila rekonstrukci v souvislosti se změnou účelu nádrže na vodárenské účely. Kromě tohoto využití zajišťuje též minimální zůstatkový průtok v toku a částečnou ochranu území pod hrází před povodňovými průtoky. Kolem nádrže jsou stanovena ochranná pásma vodního zdroje z důvodu vodárenského využití. Poblíž Karhova se také nachází menší rybník, Zhejral, který je také určen vodárenskému užití. Tento rybník je umístěn na území evropsky významné lokality soustavy NATURA 2000 a národní přírodní rezervace, mající zásadní vliv na způsob provozování u obou nádrží (Povodí Vltavy 2013). Ryby převládající na této nádrži jsou především: plotice obecná (*Rutilus rutilus*), okoun říční a perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*).

3.1.2 Most

Jezero Most umístěné v nadmořské výšce 199 m n.m. nedaleko města Most (GPS souřadnice 50.5371425N, 13.6450697E) vzniklo zatopením vytěženého lomu na hnědé uhlí. Těžba probíhala více jak 30 let a ukončena byla v létě 1999. Zatápění povrchového dolu začalo na podzim roku 2008 (Fultner a Valvoda 2013). Jezero bylo zcela zaplněno v roce 2012, nyní jeho rozloha činí 311 ha, objem 69,8 mil. m³, maximální hloubka 75 m a průměrná hloubka 23 m. Obvyklá hloubka termokliny je v létě asi 8 m, průhlednost vody je v rozmezí 4–8 m a koncentrace rozpuštěného kyslíku je okolo 10 mg/l prakticky v celém vodním sloupci. Trofický stav jezera může být charakterizován jako oligotrofní s koncentrací fosforu nižší než 10 µg/l po většinu sezóny (Jůza *et al.* 2016) a koncentrací chlorofylu *a* 1,5 µg/l. Dominantní rybou je zde okoun říční, plotice obecná, ježdík obecný a perlín ostrobřichý (Peterka 2014).

3.1.3 Nýrsko

Přehrada Nýrsko ve vyšší nadmořské výšce 520 m n.m. (GPS souřadnice 49.2530006N, 13.1526544E) se rozléhá na horním toku Úhlavy nad obcí Nýrsko ve III. zóně chráněné krajinné oblasti Šumava. Stavba přehrady probíhala v letech 1965–1969. Hlavním účelem stavby byla akumulace vody pro plzeňskou úpravnu vody na Homolce. Kapacita nádrže (rozloha 140 ha a celkový objem 20,75 mil. m³) vystačí i pro Klatovsko a Domažlicko. Průměrná hloubka nádrže je okolo 20 m a maximální hloubka činí 34,5 m. Celková koncentrace fosforu je 8 µg/l, chlorofylu *a* 2,4 µg/l a rozpuštěného kyslíku 9,5 mg/l. Za dominantní rybu je zde považován okoun říční, plotice obecná a perlín ostrobřichý. Z hlediska trofického stavu se Nýrsko řadí do oligotrofních vod. Využívá se tedy zejména pro vodárenství, dodávkám vody pro průmysl a jako ochrana před povodněmi. Plocha této nádrže je obklopená stromy porostlými břehy a poměrně velkými lesy (Štefáček 2010).

3.1.4 Římov

Vodní dílo Římov, je rovněž vodárenskou nádrží (GPS souřadnice 48.8256214N, 14.4810842E), vybudovanou na řece Malši v říčním kilometru 21,85 jižně (12,5 km) od Českých Budějovic, na jihovýchodním okraji obce Římov od roku 1977. Nádrž o rozloze 210 ha a celkovém objemu vody 33,6 mil. m³ vody se rozprostírá v nadmořské výšce 470 m n.m. Její maximální hloubka je 45 m a průměrná hloubka se pohybuje okolo 16 m. Jedná se o největší vodárenskou nádrž v jižních Čechách co do objemu odebíraného množství vody. V červnu 1978 byly stavební a technologické práce dokončeny a bylo zahájeno napouštění nádrže. Z hlediska koncentrace živin můžeme tuto dimiktickou nádrž označit jako meso- až eutrofní s klesající (od přítoku k hrázi) koncentrací fosforu, fytoplanktonu a početností fytoplanktonu a zooplanktonu (Sed'a a Devetter 2000). Koncentrace celkového fosforu je kolem 27 µg/l, chlorofylu *a* 9,4 µg/l a množství rozpuštěného kyslíku ční 10,5 mg/l. Je zde k nalezení 30 druhů ryb, z nichž jsou ekologicky nejvýznamnější: cejn velký (*Abramis brama*), plotice obecná, ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), okoun říční a ježdík obecný (Sed'a a Kubečka 1997; Říha *et al.* 2009). Vodní nádrž Římov se využívá hlavně pro vodárenské účely (skupinový vodovod střední části JČ) a ochranu před velkými vodami (Štefáček 2010). Pitná voda je zabezpečena stanovenými zásadami hygienické ochrany a hospodaření v ochranných pásmech nádrže. V povodí nádrže v největších obcích byly také vybudovány čistírny odpadních vod (Povodí Vltavy 2013).

3.1.5 Vranov

Tato přehradní nádrž (GPS souřadnice 48.9126628N, 15.8161186E) o rozloze 610 hektarů a celkovém objemu 132,696 mil. m³ se rozprostírá ve Znojemské pahorkatině v nadmořské výšce 350 m n.m. na Dyji, 16,3 km severozápadně od Znojma již od roku 1934 (Povodí Vltavy 2013). Přehrada patří mezi kaňonovité, neboť byla vybudována v hlubokém a úzkém údolí. Průměrná hloubka nádrže je 12,5 m a maximální hloubka činí 58 m. Z hlediska koncentrace živin je nádrž považována za oligo- až mezotrofní, neboť celková koncentrace fosforu se pohybuje kolem 20 µg/l, koncentrace chlorofylu *a* je 16,9 µg/l a rozpuštěného kyslíku 11,5 mg/l. Hojně se zde vyskytuje ouklej obecná, plotice obecná, okoun říční, ježdík

obecný a cejn velký. Nádrž má vícero využití, vzhledem k tomu, že je v hrázi umístěna hydroelektrárna se 3 turbínami, její hlavní účel je energetický, dále slouží pro zavlažování, ochranu před velkými vodami a omezeně i pro vodárenství (Povodí Vltavy 2013). Také je známá pro své rekreační využití (Štefáček 2010).

3.2 Sběr biologického materiálu

3.2.1 Odlov ryb

Ryby byly odloveny pasivní metodou, tenatními sítěmi. Ty se skládají ze síťoviny, spodní zátěžové a horní plovací žíně, jež jsou vyvážené tak, aby byly ve vodě postavené ve svislé poloze. Ryby se nejčastěji zachytí za trup za hlavou, za žábry, či jiné výběžky, jako jsou zuby, trny apod. (Prchalová *et al.* 2008a). Existuje několik druhů tenat: bentické, pelagické, vertikální nebo driftující. Pro tento odběr vzorků byly použity bentické a pelagické tenatní sítě (viz níže). Tyto sítě jsou složeny z 2,5 m širokých panelů, které jsou k sobě napevno sešity po celé výšce. V každé síti je 12 velikostí oček - 5; 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 a 55 mm a jednotlivé panely oček jsou v náhodném pořadí.

Bentické (dnové) sítě, vzorkují prostor u dna a jsou vyvážené tak, že spodní zátěžová žiň kopíruje dno a horní plovací zajišťuje svislé postavení sítě ve vodě s výškou 1,5 m. Naopak pelagické tenatní sítě jsou určeny pro vzorkování volné vody, přičemž při odlovech byly použity dva typy:

Epipelagické sítě, které se umisťují přímo od hladiny pomocí plováků na horní žíni, jsou určeny pro vzorkování hladinové (horní) vrstvy volné vody. Jejich výška může být 4,5 m a v mělčích místech 4, 5, 3 či 1,5 m. Při našem odlovu byly téměř vždy použity sítě o výšce 3 m kromě Karhova, kde byly zvoleny sítě o výšce 1,5 m.

Mesopelagické sítě vzorkují střední vrstvu volné vody a uplatňují se nejčastěji v hloubce 5–9,5 m, neboť mají pomalu se potápící žiň. Horní žiň je nadnášena plováky, které určují její hloubku. Jsou umístěny na 3m, 5m nebo 6m úvazech, zásadní je, aby síť byla vždy alespoň 1,5 m nade dnem. V našem případě byla použita síť s výškou 3 m.

Pro lepší lokalizaci byly na každý konec navázány bójky. Instalace tenat do vody byla provedena z lodí a to do přímé linie, jež kopíruje danou hloubku. Hloubka byla měřena

pomocí hloubkoměru Humminbird Piranha Max10. Instalace tenat byla provedena vždy cca 2 hodiny před západem slunce a vytažena cca 2 hodiny po rozednění.

3.3 Zpracování úlovku

3.3.1 Zpracování ryb z tenatních sítí

Po vypletení ryb ze sítí, byly ryby vloženy do označených kbelíků, kde bylo uvedeno, z jaké konkrétní sítě ryba pochází. Posléze byla v terénu změřena jejich celková délka (v milimetrech), standardní délka (tj. délka těla bez ocasu, v milimetrech), hmotnost (v gramech) a u okounů starších jedno věkové období bylo určeno pohlaví podle stavu gonád (samičí vaječník s jikrami v jednom celku vs. samčí mlíčí ve dvou oddělených svazcích). Dále byly vyjmuty otolity.

3.3.2 Vyjmutí otolitu

V první řadě je nutné učinit výběr vhodného otolitu. Mnohdy se vyplatí zvolit otolit s nejkvalitnějšími a nejpravidelnějšími mikrostrukturálními přírůstky. Většinou, v případě okounovitých ryb se tedy jedná o sagittae, jež obsahuje nejširší a nejlépe čitelné přírůstky. U řady ryb je sagitta zanořena hluboko ve spodní části dutiny lebeční, tudíž je její zadní část zcela uzavřena okolními kostmi. Ale u okounovitých ryb (*Percidae*) není sagitta v lebeční dutině tolik stísněná.

Jsou různé způsoby odebírání otolitů z dutiny lebeční, závisí však na morfologii sluchového aparátu, velikosti ryby, na konzervační metodě vzorku, atd. Jednotlivé otolity byly odebrány pomocí metody *Up Through the gills* dle Secora *et al.* (1992), která spočívá v tom, že usmrcená ryba je uchopena ukazováčkem a palcem pod žábry, které jsou následně odstříhány a odklopeny. Poté se dle velikosti a tvrdosti neurocrania nastříhne směrem k tělu lebeční kost v nejužším místě. Následně se hlava nalomí směrem dozadu, dojde k otevření řezu kostí a s velkou opatrností a pečlivostí jsou odebrány obě sagitty. Pro tuto metodu byly použity následující pomůcky: nůžky, 2 pinzety (větší a menší) a papírové sáčky. Je nezbytné být na pozoru, neboť otolity jsou velmi křehké a snadno může dojít k jejich rozlomení, nebo se mohou zanořit dovnitř lebky, popřípadě je můžeme vzhledem

k jejich velikosti ztratit. Obě sagitty byly pečlivě očištěny a vloženy do papírových sáčků, které byly řádně označeny (datum, lokalita, druh a číslo ryby).

3.4 Laboratorní zpracování

Po terénní práci následovalo laboratorní zpracování vzorků a následné určení věku jednotlivých ryb a zpětné dopočítání jejich růstu v jednotlivých letech. V laboratoři byly otolity nejprve vyjmuty z papírových sáčků, očištěny a poté zality pryskyřicí (Crystalbond 509 clear) pro zpevnění a zvětšení objektu. Z relativně větších otolitů, které nebylo možné prosvítit a u kterých byly vidět dílčí annuly, jež se mnohdy překrývaly, byly zhotoveny velmi tenké řezy na pile Buehler Isomet low speed saw. Tyto řezy byly následně nalepeny na předem označená podložní skla. Naopak u relativně menších otolitů, které bylo možné prosvítit světlem ve stereomikroskopu, nebylo nutné řezy provádět.

3.5 Určování věku ryb

Podobně jako na letokruzích stromů, tak i na šupině nebo na výbrusech otolitů můžeme pozorovat střídající se tmavší (zimní) růstové zóny, kdy je růst něčím zpomalený či ryba vůbec neroste, přičemž přírůstkové lamely (sklerity) jsou blízko sebe a pak světlejší (letní) růstové zóny tvořené vzdálenějšími růstovými lamelami v důsledku rychlejšího růstu v jarním a letním období. Celkový počet růstových zón je dán počtem zimních a letních období, kdy ryba žila. Hranice zimní a letní zóny se nazývá roční kruh tzv. annulus a značí konec jednoho prožitého roku života.

V našem případě bylo určování věku ryb provedeno na základě odečítání ročních annulů (tj. přírůstků) z jednotlivých otolitů. Každý otolit byl pomocí pinzety vložen do Petriho misky s vodou pro lepší zřetelnost annulů a posléze čten pod stereomikroskopem (STM 8235410) propojený kamerou (Optikam B3, software Optika View ver. 7.1.1.5) s počítačem (obr. 3). Následně byly pořízeny fotografie všech těchto otolitů popřípadě jejich řezů, které byly opět řádně označeny a bylo u nich uvedeno i jejich zvětšení. Tyto fotografie byly ještě v aplikaci Malování upraveny, kde pro lepší názornost byly jednotlivé annuly vyznačeny reflexní barvou (obr. 4). Poté byl z každé fotografie v programu Optika View

změřen poloměr, odečten věk (obr. 5) a získané hodnoty byly zaznamenány do tabulky. Dle Ofstada *et al.* (2013) byly měřeny pouze annuly, které byly jasně viditelné po celém obvodu otolitu. Měření otolitů bylo provedeno 2×, neboť po prvním měření se některé z hodnot nepatrně lišily a pro lepší kontrolu byly jednotlivé otolity čteny více lidmi. Na čtení a kontrole měření otolitů se dále podíleli: Ing. Jaroslava Frouzová, Ph.D. Mgr. Kateřina Soukalová a RNDr. Petr Blabolil, Ph.D.

3.6 Zpracování dat

Data získaná z měření otolitů byla společně s údaji o pohlaví a standardní délce zaznamenána do tabulky v programu Microsoft office-Excel. Po zjištění věku byly pro každou nádrž sestrojeny grafy závislosti dosažené délky ryby na věku pro obě pohlaví ryb (obr. 6–10). Pomocí těchto grafů jsme mohli určit, jakým způsobem jednotlivá pohlaví rostou v pozorovaných nádržích. Rovněž byly pro námi studované oblasti zjištěny zpětné růsty. Ty mohou sloužit jako jakási časová rekonstrukce růstu založeného na tom, že růst těla ryby a růst otolitů jsou v zákonité souvislosti. Zpětné růsty ryb byly spočteny dle následujícího vztahu (Campana 1990):

$$L_a = L_c O_c^{-1} O_a$$

L_a = délka ryby v daném roce

L_c = délka ryby v době odchyty

O_c = délka celého otolitu

O_a = vzdálenost otolitu k příslušnému annulu

Zpětně vypočítané velikosti okounů byly zobrazeny v grafu znázorňující jednotlivé ročníky a věkové kategorie. Rozdíly mezi věkovými (0+ až 4+) kategoriemi, meziročními přírůstky (do stáří 2+) a letními přírůstky (do stáří 3+) na jednotlivých nádržích byly testovány metodou jednocestné analýzy variance (ANOVA) doplněné Tukeyho testem mnohonásobného porovnání (Tukey-HSD test).

Na závěr byl Spermanovým korelačním testem zjišťován vztah mezi velikostí věkových skupin (0+ až 5+) spolu s meziročními přírůstky (do stáří 5+) a vlivem charakteristik (tab. I) jednotlivých nádrží vyjádřených jako průměrné hodnoty za tři roky ve vegetačním období (duben až září): pH, teplota (°C), průhlednost vody (Secchi disk, m), koncentrace celkového fosforu (mg/l) a chlorofylu *a* (µg/l), koncentrace kyslíku ve vodě (mg/l), rozloha nádrže (ha), hloubka nádrže (m) i strukturou rybiho společenstva vyskytující se v daném roce vzorkování v nádrži vyjádřené jako standardizovaná biomasa (kg/1000 m² sítě) úlovku věkové kategorie starší 0+ ve vrstvě do 6 m hloubky (0–3, 0–5 nebo 0–6 m):

1. všech ulovených ryb do tenat udávající celkovou hustotu obsádky
2. biomasa jen okouna říčního udávající populační hustotu cílového druhu
3. biomasa plotice obecné jakožto kořist a potravní konkurent okouna vyskytující se na všech nádržích
4. biomasa ostatních ulovených ryb dorůstající menších velikostí, jež jsou považovány za kořisti okouna (ouklej obecná, ježdík obecný, perlín ostrobřichý, cejn velký, cejnek malý *Blicca bjoerkna*, slunečnice pestrá *Lepomis gibbosus*, jelec tloušť *Squalius cephalus* a hlavačka mramorovaná *Proterorhinus marmoratus*)
5. biomasa predátorů okouna (štika obecná, candát obecný *Sander lucioperca*, sumec velký *Silurus glanis*, bolen dravý *Leuciscus aspius* a úhoř říční *Anguilla anguilla*)
6. biomasa ryb živící se především planktonem (plotice obecná, perlín ostrobřichý, síh maréna *Coregonus maraena*, cejn velký, ouklej obecná, cejnek malý, slunečnice pestrá, jelec tloušť, lín obecný *Tinca tinca* a hlavačka mramorovaná)

Výsledné hodnoty korelačního testu byly zaznamenány do tabulky, kde byly barevně vyznačeny hodnoty významnosti ($p < 0,0001$ a $p < 0,05$). Na základě výsledků korelačního testu byla provedena lineární regrese u těsných vztahů pro ověření distribuce dat jednotlivých závislostí. Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu R 3.3.1 (R Development Core Team 2016) s balíčkem Rcmdr (Fox a Bouchet-Valat 2017).

4. Výsledky

Věková a velikostní struktura

Celkový počet okounů, u kterých byl zjištěn věk, pohlaví, hmotnost a celková a standardní délka, činil 310 ks, z čehož 60 ks bylo odloveno v Karhově, 91 ks v Římově, 56 ks v Nýrsku, 69 ks v Mostě a 34 ks ve Vranově. Průměrná standardní délka okounů se na Karhově dosahovala 116 mm, na Římově 137 mm, v Nýrsku 153 mm, v Mostě byla největší 181 mm a na Vranově 176 mm. Přičemž největší okoun byl odloven na jezeře Most se standardní délkou 410 mm a jednalo se o samici (tab. II).

Studium velikosti okounů s ohledem na jejich pohlaví ukázalo, že největší ryby jsou samice. Nejstarší samice (11 let, standardní délka 330 mm) byla odlovena na Karhově v roce 2015, zatímco nejstarší samec (7 let, standardní délka 250 mm) na Vranově v roce 2011. Nejmladší a zároveň nejmenší jedinec byl odloven na Vranově v roce 2011, nebylo u něj určeno pohlaví, neboť se jednalo o juvenilního tohoročního (0+) okouna a jeho standardní délka byla 40 mm (tab. II).

Závislosti dosažené délky ryby na věku s ohledem na pohlaví ryb

Závislost délky na věku ryb s ohledem na pohlaví jedinců (samec, samice či neurčené pohlaví) byla vyhodnocena graficky (obr. 6, 7, 8, 9, 10). Společným trendem pro všechny nádrže je větší dosažená velikost u samic oproti samcům. U nejmenších často juvenilních jedinců se nepodařilo určit pohlaví.

V grafu pro nádrž Karhov (obr. 6) je zřetelné, že okouni všech pohlaví dosahovali do 6 roku života maximálně 125 mm. Od 8 roku je viditelný značný nárůst ve standardní délce týkající se pouze samičího pohlaví. Samice od tohoto období narostly až do 330 mm. U nádrže Římov (obr. 7) je vyobrazen kontinuální nárůst v jednotlivých letech, růst zde nebyl ničím zpomalen a větších velikostí znovu dosahovalo samičí pohlaví. Během 5 let se samice zvětšily od 95 mm (0+) do 260 mm (5+), což je ve srovnání s Karhovem mnohem rychlejší růst. V nádrži Nýrsko (obr. 8) byla zaznamenána značná převaha samic (41 ks) oproti samcům (4 ks). Samice zde během 10 let narostly do maximální délky 245 mm, zatímco samci během 5 let jen do 195 mm. Jak je patrné z grafu (obr. 9), okouni v jezeře

Most vykazují kontinuální růst. Znovu je zde zobrazena značná velikostní převaha samic nad menšími samci. Samice zde během 10letého období narostly do maximální velikosti 410 mm a samci během 5 let do 280 mm. Byl zde jediný okoun (210 mm, 2 roky), u kterého se nepodařilo určit pohlaví. Poslední závislost dosažené délky na věku pro pohlaví se týkala nádrže Vranov (obr. 10). Zde je čitelné, že okouni během 7 let dosáhli maximálně 300 mm, přičemž této maximální velikosti dosáhlo pohlaví, které se nepodařilo určit. Znovu zde platí trend, že samice jsou oproti samcům větší.

Závislosti průměrů zpětně vypočítaných délek ryb pro jednotlivé roky

V první řadě bylo nutné dopočítat zpětné velikosti okounů, poté byl vyjádřen průměr těchto zpětných velikostí, který byl pro všechny studované nádrže zanesen společně s jednotlivými roky a věkovými kategoriemi do grafů (obr. 11, 12, 13, 14, 15).

V případě nádrže Karhov (obr. 11) je růst zpočátku kontinuální, později se růst v podstatě zastavil. V nádrži Nýrsko (obr. 13) je růst pro věkové skupiny 6+, 7+, 9+, 10+ výrazně zpomalen. V grafu pro jezero Most (obr. 14) je zobrazen rychlý růst okounů, avšak někteří okouni rostli pomaleji. Například růst věkové skupiny 10+ byl zpomalen, zatímco u věkové skupiny 6+ byl růst poměrně rychlý. V roce 2012 dochází tedy k tomu, že věkové skupiny 6+, 7+ a 10+ se protínají v jednom bodě, mají podobný průměr velikostí okolo 270 mm. U věkových skupin 4+, 9+ je opět zrychlení růstu dané ontogenetickými a potravními změnami. Graf pro vodní nádrž Římov (obr. 12) znázorňuje rychlý růst okounů, kteří se však dožili pouze 5 let při maximální velikosti 250 mm. V nádrži Vranov (obr. 15) byl vyzorován kontinuální růst okounů, který byl poté v rozmezí 200–250 mm zastaven.

Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi

Velikosti okounů věkové skupiny 0+ jsou statisticky průkazně rozdílné mezi nádržemi, ANOVA: $F(3; 23) = 3,957$; $p < 0,05$. Největších velikostí dorostli 0+ okouni v jezeře Most a nejmenších v nádrži Vranov (Tukey HSD: $p < 0,05$). Velikosti okounů v nádržích Nýrsko a Římov se od zbylých nelišily (obr. 16).

Velikosti okounů věkové kategorie 1+ jsou statisticky průkazně rozdílné mezi nádržemi (obr. 17), ANOVA: $F(4; 88) = 23,86$; $p < 0,05$. Největších velikostí dorostli 1+ okouni v jezeře Most a nejmenších v nádrži Karhov (Tukey HSD: $p < 0,05$).

Pro věkovou kategorii 2+ se velikosti okounů taktéž statisticky průkazně lišily mezi nádržemi, ANOVA: $F(4; 70) = 21,37$; $p < 0,05$. Největších velikostí dosáhli 2+ okouni v jezeře Most a nejmenších v nádrži Karhov (Tukey HSD: $p < 0,05$), kde se Karhov výrazně liší od zbylých čtyř studovaných oblastí (Most, Nýrsko, Římov a Vranov), zatímco Nýrsko, Římov a Vranov vykazují obdobnou velikost okounů.

Výsledky testování věkové skupiny 3+ se týkaly pouze tří nádrží (Nýrsko, Římov a Vranov), kde v diagramu (obr. 22) jsou vyobrazeny statisticky průkazné rozdíly ve velikosti, ANOVA: $F(2; 26) = 10,94$; $p < 0,05$. Největších velikostí dorostli 3+ okouni v nádrži Vranov a nejmenších v nádrži Nýrsko (Tukey HSD: $p < 0,05$).

U věkové kategorie 4+ byl v diagramu (obr. 23) zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve standardní délce mezi Karhovem a ostatními zbylými nádržemi ANOVA: $F(4; 27) = 42,03$; $p < 0,05$, kde nejmenší okouni byli odloveni na Karhově a největší na jezeře Most a nádrži Vranov (Tukey HSD: $p < 0,05$).

Totéž porovnávání bylo provedeno i na meziročních přírůstcích okounů (obr. 18), kdy pro věkovou skupinu 1+ v době ulovení s dopočtenou velikostí ročníku 1 byly opět prokázány statistické rozdíly ANOVA: $F(4; 88) = 13,33$; $p < 0,05$. Největších přírůstků dosáhli okouni v jezeře Most a nejmenších v nádrži Karhov, který se od nádrží Římov a Vranov nelišil (Tukey HSD: $p < 0,05$).

Obdobné výsledky byly obdrženy při testování zpětných ročníků pro skupinu 2+. Pro věkovou skupinu 2+ s dopočítanou velikostí ročníku 1 (obr. 20) byl vyzorován statisticky průkazný rozdíl ve velikosti okounů mezi nádržemi ANOVA: $F(4; 70) = 11,44$; $p < 0,05$. Ve srovnání s ostatními nádržemi byli v nádrži Karhov odloveni okouni nejmenší velikosti, naopak největších velikostí dosahovali okouni v jezeře Most (Tukey HSD: $p < 0,05$). Pro skupinu 2+ s dopočítanou velikostí ročníku 2 (obr. 21) byl taktéž zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve velikosti mezi jednotlivými nádržemi ANOVA: $F(4; 70) = 25,99$; $p < 0,05$. Stejně jako u okounů věkové skupiny 2+ s dopočítanou velikostí ročníku 1

(obr. 20) byly největší ryby odloveny v jezeru Most a nejmenší v nádrži Karhov (Tukey HSD: $p < 0,05$).

Letní přírůstky pro věkové skupiny 1+, 2+ a 3+ byly testovány metodou jednocestné analýzy variance. Věková skupina 1+ (ANOVA: $F(4; 88) = 16,34$; $p < 0,05$) vykazovala statisticky průkazné rozdíly mezi Karhovem a Mostem a mezi Vranovem a Mostem (Tukey HSD: $p < 0,05$), ale také neprůkazný rozdíl Karhova a Vranova (obr. 24). Testování letních přírůstků pro skupinu 2+ ukázalo, že Karhov se znovu výrazně odlišoval od všech ostatních studovaných oblastí (Tukey HSD: $p < 0,05$), kdežto Vranov vykazoval statisticky neprůkazný rozdíl s Mostem, Nýrskem a Římovem. Přičemž největší přírůstky okounů byly opět zaznamenány na jezeře Most (obr. 25) (ANOVA: $F(4; 70) = 14,17$; $p < 0,05$). Testování letních přírůstků pro věkovou skupinu 3+ se týkalo pouze 3 nádrží (Nýrsko, Římov a Vranov), statisticky průkazný se lišil Vranov od Nýrska a Říмова, ANOVA: $F(2; 26) = 12,19$; $p < 0,05$, přičemž Nýrsko a Římov si byly z hlediska velikosti ryb podobné (obr. 26). (Tukey HSD: $p < 0,05$)

Vztah mezi velikostí věkových skupin (0+ až 5+) a vlivem charakteristik nádrží

Vliv charakteristik jednotlivých nádrží na růst okouna věkových skupin (0+ až 5+) a jejich meziročních přírůstků byl testován Spermanovým korelačním testem a jednoduchou lineární regresí.

Výsledné údaje korelace mezi velikostmi okounů a základními charakteristikami nádrží jsou uvedeny v tabulce III. Dle hladiny významnosti byly jednotlivé hodnoty korelačních koeficientů vyznačeny světle červenou ($p < 0,0001$) a tmavě červenou ($p < 0,05$) barvou pro lepší znázornění jejich průkaznosti. Tyto hodnoty nám vykazují vliv vybraných charakteristik na růst okounů. Čím je nižší p , tím je nižší pravděpodobnost chyby. Z tabulky můžeme vyčíst, že těmito hodnotami korelačních koeficientů, jež mají zásadní vliv na růst okouna, jsou $r = \pm 0,9$ a $r = \pm 1$.

Ze sledovaných charakteristik nádrží pH a rozloha nádrže měly pozitivní vliv ($r = 0,9$; $p < 0,05$) na velikosti okounů ročníku 1 a 2 získané ze zpětného výpočtu věkové kategorie v době ulovení 2+. Dále pak na věkovou skupinu 4+ se zpětně dopočítanou velikostí 4. ročníku a 5+ se zpětně dopočítanými ročníky 2, 3, 4, 5. Hloubka nádrže měla

silnější pozitivní vliv ($r = 1$; $p < 0,0001$) na růst okounů věkových skupin 1+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1, zatímco koncentrace chlorofylu *a* a biomasa predátorů vykazovaly silnější negativní vliv na růst okounů ($r = -1$; $p < 0,0001$) na věkové skupiny 1+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1. U celkové biomasy všech ostatních ryb byl zaznamenán významnější pozitivní vliv ($r = 1$; $p < 0,0001$) na věkové skupiny 3+ v době ulovení a 3+ se zpětně dopočítanými velikostmi ročníků 1, 2, 3, dále významnější negativní vliv ($r = -1$; $p < 0,0001$) na věkovou skupinu 0+ v době ulovení a negativní vliv ($r = -9$; $p < 0,05$) na věkové skupiny 1+ v době ulovení; 1+ se zpětně dopočítaným 1 ročníkem a 5+ v době ulovení. Velikost populace (biomasa) plotice měla významně negativní vliv na růst okouna ($r = -1$; $p < 0,0001$) na věkovou skupinu 5+ v době ulovení a negativní vliv ($r = -0,9$; $p < 0,05$) na skupinu 5+ se zpětně dopočítanými ročníky 2, 3, 4, 5. Oproti tomu faktory jako teplota vody, koncentrace kyslíku, ale i velikost populace dalších okounů a kořistí okouna neměly vliv na věkové skupiny 0+ až 5+ a jejich meziroční přírůstky ($p > 0,05$). Velikost populace planktofágních ryb měla negativní vliv na růst okouna ($r = -0,9$; $p < 0,05$), konkrétně na věkové skupiny 1+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1; 2+ v době ulovení; 4+ v době ulovení a 4+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1; 5+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1.

Z výsledků lineární regrese bylo vybráno celkem 12 nejsilnějších vztahů (obr. 29–40), tedy grafy s korelačními koeficienty $r = \pm 1$ (tab. III). Z fyzikálně-chemických faktorů měly významný vliv na růst okouna věkových kategorií 1+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 koncentrace chlorofylu *a* a hloubka. V grafu (obr. 29) je růst věkové skupiny 1+ v době ulovení negativně ovlivněn koncentrací chlorofylu *a*. Rozsah hodnot koncentrace chlorofylu *a* je rovnoměrně rozložen s tím, že jeden bod (pro nádrž Římov s průměrnými hodnotami standardní délky 101, 5 mm a koncentrací chlorofylu *a* 9,4 $\mu\text{g/l}$) leží přímo na přímce a ostatní jsou těsně kolem ní. Závislost zpětně dopočítané velikosti ročníku 1+ (obr. 30) na koncentraci chlorofylu *a* ukazuje, že jeden bod (pro nádrž Karhov s průměrnými hodnotami 72,8 mm a 17,9 $\mu\text{g/l}$) leží na přímce a druhý bod pro nádrž Nýrsko je v její těsné blízkosti, ostatní jsou rozprostřeny kolem. Je zde i vidět, že celý vztah je ovlivněn mírně odchýleným bodem pro nádrž Římov. Další silně pozitivní vztah byl zaznamenán mezi velikostí věkové skupiny 1+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou

velikostí ročníku 1 a hloubkou nádrží. Na první pohled je zřejmá odlišná hloubka nádrže Karhov, zbylé jsou si poměrně blízké. U vztahu hloubky a věkové skupiny 1+ v době ulovení (obr. 31) znovu leží jeden bod (pro nádrž Nýrsko s průměrnými hodnotami standardní délky 110,4 mm a hloubkou 20 m) na přímce a další bod (pro nádrž Římov) je v její těsné blízkosti. Závislost mezi věkovou skupinou 1+ se zpětně dopočítanou velikostí 1 a hloubkou (obr. 32) se od předchozích vztahů liší tím, že zde ani jeden z bodů neleží na přímce. Velikost věkové skupiny 1+ byla negativně ovlivněna rostoucí biomasou přítomných predátorů (obr. 33). V grafu (obr. 34) závislosti věkové skupiny 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a biomasy všech predátorů je zobrazen jeden ležící bod (pro nádrž Karhov s průměrnými hodnotami standardní délky 72,8 mm a biomasou všech predátorů 10,5 kg/1000 m² sítě) na přímce a bod pro nádrž Nýrsko v její těsné blízkosti. Je zde i viditelný posun přímky za nejvzdálenějším bodem pro nádrž Římov. Negativní vliv na růst okouna byl zaznamenán i u biomasy všech ulovených ryb vtahující se pouze ke čtyřem nádržím (Most, Římov, Nýrsko a Vranov). Konkrétně závislost (obr. 35) věkové skupiny 0+ a biomasy všech ulovených ryb ukazuje bod (pro nádrž Most s průměrnými hodnotami 71,7 mm a 33,2 kg/1000 m² sítě) ležící v těsné blízkosti přímky a ostatní body v jejím okolí. V neposlední řadě byly zjištěny silně pozitivní vztahy věkových skupin 3+ v době ulovení a 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1, 2, 3 na biomasu všech ulovených ryb. Jejich grafy (obr. 36, 37, 38, 39) vykazují společný trend, že všechny tři body vztahující se k nádržím Římova, Nýrska a Vranova leží na přímce nedaleko od sebe. Nakonec byl zaznamenán negativní vztah věkové skupiny 5+ v době ulovení a biomasy plotice, kde graf (obr. 40) zobrazuje dva body ležící v těsné blízkosti přímky (pro nádrže Karhov s průměrnými hodnotami 112,8 mm a 33,8 kg/1000 m² sítě a Nýrsko 210 mm a 23,7 kg/1000 m² sítě) a zbylé body rozprostřené kolem této přímky.

5. Diskuze

Tato práce se zabývá jednak teoretickou analýzou růstu okouna říčního a faktorů ovlivňujících jeho růst, a dále praktickým vyhodnocením růstových charakteristik okouna v pěti vybraných nádržích. Prostřednictvím analýzy otolitů lze určit velikostní a věkové složení populace a posoudit tak ekologickou vyváženost, stáří populací a kvalitu populačního doplňku, ale i růst ryb v minulosti (Kubečka *et al.* 2010).

Analýza věku ukázala, že největší okouni jsou zpravidla samice. Neznamená to však, že největší okouni jsou zároveň nejstaršími. Například na jezeře Most byla samice o standardní délce 335 mm s věkem 10 let starší než největší ulovená samice této lokality se standardní délkou 410 mm a zjištěným věkem 9 let. Velikostní rozdíl mezi pohlavími se výrazně projevuje až v období pohlavní dospělosti. Samci mimo investic do tvorby gonád vynakládají energii při výběru třetího substrátu a jeho hlídání (Kříženecký a Kříženecká 1951). Často pak může docházet k soupeření o vhodný substrát s ostatními samci a jejich následnému vyčerpání, tedy k nedostatku energie pro tělesný růst (Estlander *et al.* 2016). Je také uváděno, že samci obývají hlubší a chladnější místa, a tak je jejich metabolismus při nižší teplotě vody pomalejší (Morgan 1974). Námí nejstarší ulovená samice okouna dosahovala 11 let a byla odchycena v nádrži Karhov v roce 2015. Někteří autoři (Baruš a Oliva 1995; Hanel a Lusk 2005) ve svých studiích uvádějí, že doposud nejstarší ulovený okoun dosahoval 19 let. Je možné, že tito autoři během analýzy stáří použili jiné struktury (např. šupiny), při kterých může docházet k nadhodnocování či podhodnocování věku (Williams *et al.* 2007). To však při analýze otolitů nehrozí, neboť je ve srovnání s analýzou šupin přesnější. Nevýhodou této metody je, že ryby, v našem případě okouni musí být pro odebrání otolitů usmrceny.

Ze závislostí průměrů zpětně vypočítaných délek ryb pro jednotlivé roky byla zjištěna průměrná velikost ročního okouna do 90 mm standardní délky. Podobné hodnoty, konkrétně 88 mm, uvádí ve svých studiích i Baruš a Oliva (1995). Na jezeře Most však dosahovali okouni v prvním roce života průměrně až 100 mm. Příčinou může být dostatečný přísun potravy nově osidlovaného jezera během zaplavování, a také nižší pravděpodobnost konkurence ostatních ryb. Není vyloučen ani časnější přechod na jiný způsob stravování (piscivorie, kanibalismus). S přibývajícím věkem se rozdíly ve standardní délce mezi

jednotlivými nádržemi značně zvyšují. Podle Baruše a Olivy 1995 je tomu tak nejčastěji mezi 3.–5. rokem života.

Při porovnání dosažených standardních délek mezi všemi pěti lokalitami vykazovali nejpomalejší růst jedinci z nádrže Karhov. V případě nádrže Karhov byl růst zpočátku kontinuální, později se růst u části populace při velikosti 114 mm zcela zastavil, což bylo pravděpodobně zapříčiněno tím, že okouni nepřešli na jinou potravu a živili se stále bezobratlými. Avšak část jedinců přešla na piscivorii (při velikosti okolo 125 mm), a tak byl jejich růst výrazně rychlejší. Také v nádrži Nýrsko byl růst též zpočátku kontinuální, okouni dorostli do velikosti okolo 150–220 mm. Pravděpodobně došlo ke zvýšení potravní konkurence, okouni začali být limitováni množstvím potravy a následně přestali růst. V jezeře Most byl vyzorován velmi kontinuální růst a na rozdíl od nádrže Karhov nebyl zde růst zastaven. U části populace nemuselo dojít k přechodu na piscivorii a ta rostla stále pomalu patrně v důsledku využívání lepší potravy úspěšnějšími piscivorními okouny.

Standardní délka a věk odchycených okounů se mezi sledovanými nádržemi lišily. Téměř u všech věkových skupin se nádrž Karhov odchylovala od ostatních lokalit tím, že obsahovala nejmenší okouny věkových skupin 1+, 2+, 4+ v době ulovení, 1+ s dopočítanou velikostí ročníku 1 a 2+ s dopočítanou velikostí ročníku 1 a 2. Tento fakt mohl být způsoben nedostatkem potravy či vyšší konkurencí ostatních planktonožravých ryb (především kaprovitých) apod. Naopak jezero Most vykazovalo téměř při všech testováních přítomnost největších okounů. Jezero Most se podle Říhy *et al.* (2009) z hlediska zarybňování a stáří řadí do počáteční fáze, což může mít též vliv na růst okouna (viz výše). Okoun se do jezera Most nedostal přítokem, nýbrž umělým vysazením a postupným splnutím malého již zarybněného jezírka se zatápným dolem v jedno jezero (Peterka a Kubečka 2011).

Porovnávané charakteristiky nádrží potvrdily vliv na růst jedinců okouna. Konkrétně silný pozitivní vliv na růst měla hloubka nádrže a celková biomasa ryb (u věkových skupin 3+ v době ulovení a 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1, 2 a 3. Rozloha a pH měly též pozitivní vliv na růst okouna, ale v menší míře. Naopak negativně ovlivňovaly růst okouna koncentrace chlorofylu *a*, biomasa predátorů, biomasa planktonofágních ryb, biomasa plotice a znovu celková biomasa ryb u některých věkových skupin (0+, 1+ a 5+ v době ulovení a 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1). Při porovnání vlivů

jednotlivých charakteristik nádrží mezi sebou, byla u celkové biomasy ryb zaznamenána nejčastější silná závislost s testovanými charakteristikami populace okounů. Celkově ovlivňovala (pozitivně i negativně) růst osmi věkových kategorií, přičemž na čtyřech věkových kategoriích měla silný pozitivní vliv. Některé ze sledovaných charakteristik však neprokázaly vliv na růst okounů, konkrétně teplota vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě, biomasa okounů a potencionálních kořistí.

Vliv pH na růst jednotlivých věkových kategorií okouna byl pozitivní, neboť pH obecně ovlivňuje rozpustnost celé řady látek, které mají významnou funkci ve fyziologických procesech u vodních organismů. V našich podmínkách má na ryby negativní vliv především kyselé prostředí (nízké pH), kdy dochází k uvolňování toxických iontů hliníku (Vrba *et al.* 2006). Tyto podmínky mohou v omezené míře nastat zejména v jarním období, které v této práci není řešeno. Dříve byly podobné události poměrně časté v nádrži Karhov (Potužák a Duras 2012). Naopak vysoké hodnoty pH v létě během dne je známkou vysoké primární produkce. Optimální hodnoty pH pro ryby jsou v rozmezí 6,5–8,5 (Kalff 2002). Stejně jako pH měla pozitivní vliv na růst okouna i rozloha nádrže, která významně ovlivňuje hustotu a růst ryb v nádrži. Nádrže menší rozlohy jsou zpravidla úživnější než nádrže s velkým objemem, kde snadněji dojde k rozptýlení živin. Podle Prchalové *et al.* (2008a) okoun preferuje zejména méně úživné (čisté) vody, tedy větší nádrže. V takovýchto podmínkách okouni snadněji získají potravu, neboť se orientují především vizuálně. Také morfologie nádrže je jedním z nejdůležitějších abiotických rysů pro druhové složení ryb v nádrži (Prchalová 2008). Součástí morfologie nádrže je i její hloubka, která měla v této studii silně pozitivní vliv na růst okouna. V hlubokých nádržích dochází k teplotnímu a kyslíkovému rozvrstvení (stratifikaci), zatímco v mělkých vodách je voda promíchána větrem (nebo i uměle) (Prchalová 2008). Většina ryb se tak zdržuje především v mělkých oblastech bohatých na živiny, poblíž břehů a ústí přítoků (Fernando a Holčík 1991). Ale naopak okoun může obývat i hlubší chladné vody, pokud je zde dostatek kyslíku. Což zaručuje jakousi výhodu oproti většině dalších druhů, které jsou vázány na epilimnion. Hlubší nádrže jsou méně zatíženy znečištěním z alochtonních zdrojů díky zředění živin ve velkém objemu, ale i autochtonních zdrojů, které jsou díky teplotní stratifikaci méně dostupné (Kalff 2002).

Naopak silně negativní vliv na růst okouna byl zaznamenán u koncentrace chlorofylu *a*. Čím více je chlorofylu v jezerech a nádržích, tím více bude řas a následně i planktonu. Ale i přes značnou plasticitu okounů se okoun vyskytuje především v čistých, méně úživných vodách, tedy s nižší koncentrací chlorofylu *a* (Kalff 2002). Tento faktor je úzce spřažen s dalšími faktory, s rozlohou a hloubkou, jež se společně podílí na růstu okouna. Negativní vliv na růst okouna jevila i biomasa plotic. Plotice s okounem si mohou v nádrži konkurovat o potravu (zejména tedy s juvenilními jedinci, kteří ještě nepřešli na piscivorii), čímž okouna znevýhodní a následně negativně ovlivní jeho růst. Další z negativních faktorů byla vybrána biomasa predátorů. Se zvyšujícím se množstvím predátorů okouni rostou pomaleji. Může jít o důsledek vlastní predace (větší okouni jsou sežráni dříve), konkurence o potravní ryby (okouni nemohou přejít na piscivorní způsob výživy), ale i antipredační chování. Například v přítomnosti predátora se kořist schová, čímž dojde ke snížení její aktivity, tedy snížení příjmu potravy a následně zastavení růstu (kořist se ukryla a přežila, ale zároveň méně žrala a nerostla (Broom a Ruxton 2005)). V neposlední řadě byl vyzorován i negativní vztah biomasy planktofágních ryb na růst okouna. Planktonofágní ryby se živí zejména zooplanktonem, který je schopný predacním tlakem ovlivnit produkci drobných řas v nádržích. Planktonofágní druhy budou okounovi v nádrži představovat potravního konkurenta. Snížením zooplanktonu dojde k nárůstu množství fytoplanktonu a tím snížení průhlednosti, což okounovi orientujícímu se vizuálně bude vadit. Nakonec velmi významný pozitivní i negativní vliv na růst okouna vykazovala standardizovaná biomasa všech ryb, která prostřednictvím biotických sil (predace a kompetice) působí na strukturu rybího společenstva (Prchalová 2008) a následně na růst okouna.

Jak již bylo zmíněno (viz metodika), práce probíhala na pěti vybraných vodních lokalitách. Bohužel tyto nádrže nebyly vzorkovány ve stejném období (Karlhov v roce 2015, Římov v roce 2015, Nýrsko v roce 2015, Most v roce 2015, ale Vranov v roce 2011), neboť otolity okounů nebyly z nádrže Vranov v roce 2015 odebrány. Nádrž Vranov tedy v celé práci představuje jakousi bonusovou lokalitu na pokrytí širšího gradientu charakteristik nádrží. Vzhledem k tomu, že by růst okounů mohl být v roce 2015 na nádrži Vranov odlišný oproti roku 2011, nedá se plnohodnotně porovnávat s ostatními zbylými nádržemi. Proto bych ráda v budoucí práci minimalizovala nedostatky tím, že bych sjednotila vzorkovací

období pro všechny nádrže, případně práci rozšířila o další nádrže i nové druhy. Vedle sběru a výběru vzorků bych se chtěla více zabývat vztahy mezi velikostí ryb a otolitů. V této práci použitý vztah byl publikován a použit v mnoha vědeckých studiích, avšak během své práce jsem nabyla dojmu, že jde o značné zjednodušení reálného vztahu. Je tedy nasnadě otestovat složitější modely a aplikovat je v navazující magisterské práci, která by již mohla mít potenciál publikace.

6. Závěr

Stáří a růst ryb nejčastěji identifikujeme pomocí šupin, přírůstků na skřelové kosti a na výbrusech otolitů. V našem případě bylo stáří okounů určeno analýzou otolitů-odečítáním ročních přírůstků (annulů). Vzhledem k tomu, že růst ryb je závislý na podmínkách prostředí, je jejich růst v našich podmínkách během jednotlivých sezón různý (v zimě prakticky nerostou, v létě jsou pak přírůstky nejvyšší).

Pro analýzu otolitů byl zvolen okoun říční, neboť se jedná o jeden z nejběžnějších druhů ryb v České republice. Okoun říční byl pomocí bentických a pelagických tenat odloven z pěti vodních nádrží: Karhov, Most, Nýrsko, Římov v roce 2015 a Vranov v roce 2011. U úlovku okounů byly v podvzorku napříč velikostními kategoriemi odebrány otolity a ty použity v laboratoři k určení věku a zpětně i růstu.

Ze zjištěného věku byly vyneseny pro každou nádrž závislosti dosažené délky na věku a pohlaví. Z těchto závislostí bylo zjištěno, že samice jsou zpravidla větší než samci.

Následně ze zjištěného věku byla vytvořena závislost průměrů zpětně vypočítaných délek ryb pro jednotlivé roky. Zde bylo zjištěno, že z hlediska dosažené standardní délky je nejpomalejší růst okounů v nádrži Karhov a nejrychlejší na jezeře Most. Dále to, že se až na výjimky (jezero Most) jednotlivé nádrže v prvním roce života téměř shodují. S následně přibývajícím lety se však rozdíl mezi nádržemi zvyšují. Okouni zpočátku rostou kontinuálně a později se v důsledku některých z příčin (vysoká potravní konkurence, nedostatek potravy, přechod na piscivorii, aj.) růst zpomalí nebo úplně zastaví.

Posléze se pomocí metody jednocestné analýzy variance testoval rozdíl mezi jednotlivými nádržemi ve standardní délce pro konkrétní věkové kategorie. I zde byly pro každou věkovou kategorii prokázány rozdíly mezi jednotlivými nádržemi. Nádrž Karhov obsahuje nejmenší okouny, zatímco největší okouni jsou k nalezení v jezeře Most.

Na závěr testování vlivu některých z charakteristik pomocí korelačního testu a jednoduché lineární regrese potvrdilo, že faktory jako je hloubka nádrže, rozloha nádrže a pH měly pozitivní vliv na růst věkových skupin (0+ až 5+) a jejich meziroční přírůstky (do stáří 5+). Naopak negativní vliv na tyto věkové kategorie byl zaznamenán u faktorů: koncentrace chlorofylu *a*, biomasa plotice, predátorů a planktofágních ryb. Výjimkou byla celková biomasa ryb, u které byl zjištěn jak pozitivní tak negativní vliv. Nakonec faktory

jako teplota vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku, biomasa okounů a potenciaálních kořistí nevykazovaly významný vliv na růst věkových skupin (0+ až 5+) a jejich meziroční přírůstky (do stáří 5+).

Při práci na této studii jsem si vyzkoušela různé části vědecké činnosti od práce v terénu a sběr vzorků, přes laboratorní zpracování, až po vyhodnocení údajů a syntézu výsledků s dříve publikovanými informacemi. Přesto jsem na závěr objevila značný prostor ke zlepšení studie, jednak použitím konzistentnějších údajů, rozšíření druhového složení a vylepšení vztahů mezi velikostí ryb a otolitů.

7. Seznam citované literatury

- Acland, H., Rodger, H. a Rommel, F. (2000) Brain parasite in cultured yellow perch: Abstract 25th Annual Eastern Fish Health Workshop. *USGS*.
- Adámek, Z., Andreska, J., Dubský, K. a et al. (2015) Rybářství a rybolov. Vydání 3. *Český rybářský svaz*.
- Alabaster, J.S. a Robertson, K.G. (1961) The effect of diurnal changes in temperature, dissolved oxygen and illumination on the behaviour of roach (*Rutilus rutilus* (L.)), bream (*Abramis brama* (L.)) and perch (*Perca fluviatilis* (L.)). *Animal Behaviour* **9**, 187–192.
- Ali, M.A., Ryder, R.A. a Anctil, M. (1977) Photoreceptors and Visual Pigments as Related to Behavioral Responses and Preferred Habitats of Perches (*Perca* spp.) and Pikeperches (*Stizostedion* spp.). *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada* **34**, 1475–1480.
- Baker, E., Shayota, J. a Li, J. (2015) *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758: Status: Established in North America, but not including the Great Lakes. Available at: <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=43&Potential=Y&Type=2&HUCNumber>.
- Balon, E. (1962) Príspevok k ekologickej charakteristike československého úseku Dunaja. *Biológia* **17**, 283–296.
- Baruš, V. a Oliva, O. (1995) Mihulovci (*Petromyzontes*) a ryby (*Osteichthyes*) díl 1. *Academia*.
- Berg, L.S. (1949) Ryby presnych vod SSSR i v sopredel'nych stran, část 3. 1031–1041.
- Bergman, E. (1988) Foraging Abilities and Niche Breadths of Two Percids , *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernua* , Under Different Environmental Conditions. *Journal of Animal Ecology* **57**, 443–453.
- Blabolil, P., Čech, M., Jůza, T., et al. (2017) Condition and feeding behaviour of subadult burbot (*Lota lota*) in riverine and lacustrine environments. *Burbot ecology in heterogeneous reservoirs*.
- Broom, M. a Ruxton, G.D. (2005) You can run—or you can hide: optimal strategies for cryptic prey against pursuit predators. *Behavioral Ecology*, 534–540.

- Campana, S.E. (1990) How reliable are growth back-calculations based on otoliths? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **47**, 2219–2227.
- Clady, M.D. (1977) Distribution and relative exploitation of yellow perch tagged on spawning grounds in Oneida Lake. *N.Y. Fish Game J.*, 177.
- Closs, G.P., Ludgate, B. a Goldsmith, R.J. (2003) Controlling European perch (*Perca fluviatilis*): lessons from an experimental removal. Managing invasive freshwater fish in New Zealand: Proceedings of a workshop hosted by Department of Conservation, 10-12 May 2001, Hamilton. 37–48.
- Coles, T.F. (1981) The distribution of perch, *Perca fluviatilis* L. throughout their first year of life in Llyn Tegid, North Wales. *Journal of Fish Biology* **18**, 15–30.
- Craig, J.F. (1978) A study of the food and feeding of perch, *Perca fluviatilis* L. in Windermere. *Freshwater Biology* **8**, 59–68.
- Craig, J.F. (2000) Percid Fishes, Systematics, Ecology and Exploitation. In: *Fish and Aquatic Resources Series*. Blackwell Science Ltd, p 367.
- Craig, J.F. (1977) Seasonal changes in the day and night activity of adult perch, *Perca fluviatilis* L. *Journal of Fish Biology* **11**, 161–166.
- Craig, J.F. (1987) *The biology of Perch and related fish*.
- Čech, M. (2002) Do tajů biologie ryb II. Život v hejnu. *Rybářství* **2**, 104.
- Čermák, J., Čermáková, J., Daněk, T., Kropáčková, M. a Návojt, M. (2008) Změny teploty s nadmořskou výškou. Available at: <http://www.vitejtenazemi.cz/vzduch/index.php?article=76> [Accessed November 3, 2016].
- Černý, K. (1975a) Ještě k biologii a lovu okounů. *Rybářství* **11**, 245.
- Černý, K. (1973) Pohybová aktivita plůdku některých druhů ryb v přirozených podmínkách Klíčavské údolní nádrže. *Acta Mus. Reginae–hradecensis. S. A, Sci. Natur.* **14**, 105–120.
- Černý, K. (1975b) Vývoj plotice obecné, tlouště a perlína s ekologickými poznámkami o ranných vývojových stádiích plotice a okouna. *Kand. dis. práce. PŘF UK Praha* **3**, 373.
- Černý, K. a Pivnička, K. (1973) Abundance and mortality of the perch fry (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) in the Klíčava reservoir. *Věst. čs. Společ. zool.* **37**, 1–13.

- ČRS (2017) Statistika úlovků. Available at:
http://www.rybsvaz.cz/?page=reviry%2Fstatistiky&lang=other&statistiky_typ=vse
[Accessed October 12, 2016].
- Dannevig, B.H., Olesen, N.J., Jentoft, S., Kvellestad, A., Taksdal, T. a Håstein, T. (2001) The first isolation of a rhabdovirus from perch (*Perca fluviatilis*) in Norway. *Bull Eur. Assoc. Fish. Pathol.* **21**, 145–153.
- Diehl, S. (1988) Foraging Efficiency of Three Freshwater Fishes: Effects of Structural Complexity and Light. *Oikos* **53**, 207–214.
- Dyk, V. (1944) Naše ryby. Olomouc: Promberger, 1. vyd. 317.
- Dyk, V. (1956) Naše ryby. Praha: SZN, 4. vyd. 339.
- Eckmann, R. (2004) Overwinter changes in mass and lipid content of *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*. *Journal of Fish Biology* **65**, 1498–1511.
- Eriksson, L. (1978) A laboratory study of diel and annual activity rhythms and vertical distribution in the perch, *Perca fluviatilis*, at the Arctic Circle. *Environ. Biol. Fishes* **3**, 301–307.
- Estlander, S., Kahilainen, K.K., Horppila, J., et al. (2016) Latitudinal variation in sexual dimorphism in life-history traits of a freshwater fish. *Ecology and Evolution*, 665–673.
- European Perch (*Perca fluviatilis*): Ecological Risk Screening Summary (2012) Available at:
http://www.fws.gov/injuriouswildlife/pdf_files/perca_fluviatilis_web_8-22-12.pdf
[Accessed November 16, 2016].
- Fernando, C.H. a Holčík, J. (1991) Fish in Reservoirs. *Hydrobiology* **76**, 149–167.
- Fisheries and Aquaculture, Freshwater pest fish: Redfin perch (*Perca fluviatilis*) (2012) Available at: <http://www.dpi.nsw.gov.au/fisheries/pests-diseases/freshwater-pests/species/redfin-perch> [Accessed November 16, 2016].
- Fox, J. a Bouchet-Valat, M. (2017) Rcmdr: R Commander. R package version 2.3-2. Available at: <https://cran.r-project.org/package=Rcmdr>.
- Freyhof, J. a Kottelat, M. (2008) *Perca fluviatilis*. Available at:
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T16580A6135168.en>. [Accessed November 13, 2017].

- Fultner, J. a Valvoda, P. (2013) Jezero Most – zhodnocení stabilních poměrů konečných svahů v okolí zbytkové jámy bývalého lomu Most-Ležáky. *Sborník příspěvků konference: Jezera a mokřady ve zbytkových jámách po těžbě nerostů*, 44–48.
- Grignard, J.C., Mélard, C. a Kestemont, P. (1996) A preliminary study of parasites and diseases of perch in an intensive culture system. *J. Appl Ichthyol.* **12**, 195–199.
- Haaparanta, A., Tellervo Valtonen, E. a Hoffmann, R.W. (1994) Pathogenicity and seasonal occurrence of *Henneguya creplini* (Protozoa, Myxosporea) on the gills of perch *Perca fluviatilis* in central Finland. *Dis Aquat Org* **20**, 15–22.
- Hanel, L. a Lusk, S. (2005) Ryby a mihule České republiky, rozšíření a ochrana. *Český svaz ochránců přírody Vlašim a Ministerstvo životního prostředí*, 447.
- Helfman, G.S. (1979) Twilight activities of yellow perch, *Perca flavescens*. *J.Fish.Res.Board Can.*, 179.
- Henshilwood, K., Ruane, K.M., Mccarthy, L.J., et al. (2009) The emergence of rhabdovirus infections in farmed perch *Perca fluviatilis* in Ireland. *Book of abstracts: 14th European association of fish pathologists conference.*, 14–19.
- Hergenrader, G.L. a Hasler, A.D. (1967) Seasonal changes in swimming rates of yellow perch in Lake Mendota as measured by sonar. *Trans. Am. Fish. Soc* **96**, 373–382.
- Holčík, J. (1989) The freshwater fishes of Europe, part 2. *General introduction to fishes Acipenseriformes*.
- Hussain, M. a Summerfelt, R.C. (1991) The role of mechanical injury in an experimental transmission of *Flexibacter columnaris* to fingerling walleye. *J Iowa Acad Sci* **98**, 93–98.
- Chevey, P. (1925) Recherches sur la perche et le bar. *Bull. Biol. Fr. Belg.* **49**, 145–292.
- Jacobsen, L., Berg, S., Broberg, M., Jepsen, N. a Skov, C. (2002) Activity and food choice of piscivorous perch (*Perca fluviatilis*) in a eutrophic shallow lake: A radio-telemetry study. In: *Freshwater Biology*, Vol. 47. pp 2370–2379.
- Jansen, W.A. a Mackay, W.C. (1992) Foraging in yellow perch, *Perca flavescens*: biological and physical factors affecting diel periodicity in feeding, consumption, and movement. *Environmental Biology of Fishes* **34**, 287–303.

- Jůza, T., Draštík, M., Čech, M., Sajdlová, Z., Anton-Pardo, M., Blabolil, P. a Peterka, J. (2016) Spatio-temporal distribution and mortality of maraena (*Coregonus maraena*) early juveniles in newly created post-mining lake.
- Kalff, J. (2002) Limnology. Inland water system. *Limnology: Inland Water System*.
- Kane-Sutton, M., Kinter, B., Dennis, P.M. a Koonce, J.F. (2010) Viral hemorrhagic septicemia virus infection in Yellow perch, *Perca flavescens*, in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research* **36**, 37–43.
- Keast, A. (1977) Diet overlap and feeding relationship between the year classes in the yellow perch *Perca flavescens*. *Environ. Biol. Fishes* **2**, 53–70.
- Kempton, J., Piasecki, W., Więski, K. a Krawczyk, B. (2006) Systematic position of copepods of the genus *Achtheres* (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) parasitizing perch, *Perca fluviatilis* L., and zander, *Sander lucioperca* (L.). *J Fish Dis.* **29**, 103–113.
- Kestemont, P., Dabrowski, K. a Summerfelt, R.C. (2015) *Biology and culture of percid fishes: Principles and practices*. Springer Netherlands.
- Khoo, L., Rommel, F.A., Smith, S.A., Griffin, M.J. a Pote, L.M. (2010) *Myxobolus neurophilus*: Morphologic, histopathologic and molecular characterization. *Diseases of Aquatic Organisms* **89**, 51–61.
- Kočvara, L. (2011) Migrace okouna říčního (*Perca fluviatilis*) a cejna velkého (*Abramis brama*) v nádrži Římov. *Diplomová práce*, 55.
- Kottelat, M. a Freyhof, J. (2007) *Handbook of European freshwater fishes*, (Vol. 2008).
- Kříženecký, J. a Kříženecká, A. (1951) Růst délky, váhy a gonád a poměr pohlaví u okouna (*Perca fluviatilis* L.). *Věst. Král. čs. spol. nauk*, 35.
- Kubečka, J., Frouzová, J., Jůza, T., Kratochvíl, M., Prchalová, M. a Říha, M. (2010) Metodika monitorování rybích společenstev nádrží a jezer. *Biologické centrum AV ČR*, v.v.í.
- Langdon, J.S. (1987) Spinal curvatures and an encephalotropic myxosporean, *Triangula percae* sp. nov. (Myxozoa: Ortholineidae), enzootic in redfin perch, *Perca fluviatilis* L., in Australia. *Journal of Fish Diseases* **10**, 425–434.

- Langdon, J.S. a Humphrey, J.D. (1987) Epizootic haematopoietic necrosis, a new viral disease in redfin perch, *Perca fluviatilis* L., in Australia. *Journal of Fish Diseases* **10**, 289–297.
- Lind, E.A., Ellonen, T., Keranen, M. a Kuhkko, O. (1974) Population structure and production of the perch, *Perca fluviatilis* L., in Lake Kiutarvi, NE-Finland. *Ichthyol. Fenn. Borealis* **3**, 116–159.
- Lintermans, M., Rutzou, T. a Kukolic, K. (1990) Introduced fish on the Canberra region: In Introduced and translocated fishes and their ecological effects, D.A. Pollard (eds.). Bureau of Rural Resources Proceedings. *Australian Government Publishing Services* **8**, 50–60.
- Lom, J., Pike, A.W. a Dyková, I. (1991) *Myxobolus sandrae* Reuss, 1906, the agent of vertebral column deformities of perch *Perca fluviatilis* in northeast Scotland. *Diseases of Aquatic Organisms* **12**, 49–53.
- Lönström, L.G., Hoffrén, L. a Wiklund, T. (2008) *Flavobacterium psychrophilum* associated with mortality of farmed perch, *Perca fluviatilis* L. *J Fish Dis.* **31**, 793–797.
- Lotocki, T. (2013a) Nemoci ryb 6. -nemoci způsobené bakteriemi. Available at: <http://www.chytej.cz/clanky/1421/nemoci-ryb-6-nemoci-zpusobene-bakteriemi/?app=1433997233> [Accessed October 26, 2016].
- Lotocki, T. (2013b) Nemoci ryb 7. díl - Parazitární infekce: parazitární nemoci. Available at: <http://www.chytej.cz/clanky/1437/nemoci-ryb-7-dil-parazitarni-infekce-protozoozy> [Accessed November 2, 2016].
- Madetoja, J., Dalsgaard, I. a Wiklund, T. (2002) Occurrence of *Flavobacterium psychrophilum* in fish-farming environments. *Diseases of Aquatic Organisms* **52**, 109–118.
- Manteifel, B.P., Girsá, I.I., Leshcheva, T.S. a Pavlov, D.S. (1965) Sutochnye ritmy pitaniya i dvigatelnoi aktivnosti nekotorykh presnovodnykh khishchnykh ryb. *Pitanie khishchnykh ryb* **103**, 3–81.

- Mapy.cz (2016) Available at: <https://mapy.cz/letecka?vlastni-body&x=15.6547645&y=49.8755252&z=7&m3d=1&ut=Karhov&ut=Nýrsko&ut=Římov&ut=Most&ut=Vranov&uc=9ibnfxTygh93VTbx8JZE9hJJtxRntX9eqLlx-1yl9jyAMxSNgl&ud=49°12%2744.116%22N%2C15°18%2729.256%22E&ud=49°15%2710.801%22N%2C13°9%279.554> [Accessed October 18, 2016].
- McCormack, J.C. (1970) Observations on food of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Windermere. *Journal of Animal Ecology* **39**, 255–267.
- Mélard, C. a Kestemont, P. (1995) Diversification de la pisciculture en Région Wallonne; mise au point de l'élevage intensif de cyprinidés et percidés: Université de Liège, Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix, Namur. *Rapport de recherches à la Région Wallonne*, 58.
- Mélard, C., Kestemont, P. a Baras, E. (1995) Premiers résultats de l'élevage intensif de la perche européenne (*Perca fluviatilis*) en bassin: effect de la température et du tri sur la croissance. *Bull Fr. Peche Piscic.* **336**, 19–27.
- Mélard, C., Kestemont, P. a Grignard, J.C. (1996) Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *J. Appl Ichthyol.* **12**, 175–180.
- Morgan, R.I.C. (1974) The energy requirements of trout and perch populations in Loch Leven. *Kinross. R. Soc. Edinb.* **74**, 45–333.
- Ofstad, L.H., Angus, C., Pedersen, T. a Steingrund, P. (2013) Age and growth of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in Faroese waters. *Fisheries Research* **139**, 51–60.
- Olesen, N.J., Skall, H.F. a Johansson, T. (2005) Characteristics of European perch rhabdoviruses. In: *Book of abstracts: European association of fish pathologists conference*. p 0–143.
- Paszkowski, C.A. a Tonn, W.M. (1994) Effects of prey size, abundance, and population structure on piscivory by yellow perch. *Transactions of the American Fisheries Society* **123**, 855–865.
- Peterka, J. (2014) Výsledky průzkumu rybí obsádky jezera Most v roce 2014: Zpráva Biologického centra AV ČR, v.v.i., Hydrobiologického ústavu.

- Peterka, J. a Kubečka, J. (2011) Komplexní průzkum rybí obsádky jezera Most v roce 2011. *Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice.*
- Phelps, N.B.D. (2013) Improved diagnosis and management of viral hemorrhagic septicaemia virus in fish. *PhD dissertation. University of Minnesota, St. Paul.*
- Pitt, C.E. a Grundman, A.W. (1957) A study into the effects of parasitism on the growth of yellow perch produced by the larvae of *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) Gmelin, 1790. *Proc Helminthol Soc Wash.* **24**, 73–80.
- Pivnička, K. (1981) Ekologie ryb. Odhady základních parametrů charakterizující rybí populace. *Státní pedagogické nakladatelství*, 251.
- Post, J.R. a Evans, D.O. (1989) Experimental evidence of size-dependent predation mortality in juvenile yellow perch. *Canadian Journal of Zoology* **67**, 521–523.
- Potužák, J. a Duras, J. (2012) Impact of fish ponds mass balance on nutrient flows in the drainage area. *Konferencia ČLS a SLS.*
- Prchalová, M. (2008) Ryby v údolních nádržích. *Vesmír*, 87.
- Prchalová, M., Kubečka, J., Čech, M., et al. (2008a) The effect of depth, distance from dam and habitat on spatial distribution of fish in an artificial reservoir. *Ecology of freshwater fish* **18**.
- Privolnev, T.I. (1956) Reakcija ryb na svet. *Vopr. ichtiol.* **6**, 3–20.
- R Development Core Team (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing - Version 3.3.1. *R Foundation for Statistical Computing.*
- Randák, T., Slavík, O. a Kubečka, J. (2015) Rybářství ve volných vodách. 2. aktualizované vydání. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Rask, M. (1986) The diet and feeding activity of perch, *Perca fluviatilis* L., in a small lake in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici* **23**, 49–56.
- Říha, M., Kubečka, J., Vašek, M., et al. (2009) Long-term development of fish populations in the Římov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology* **16**, 121–129.
- Secor, D.H., Dean, J.M. a Laban, E.H. (1992) Manual for otolith removal and preparation for microstructural examination. *Copeia* **1992**, 599.

- Sed'a, J. a Devetter, M. (2000) Zooplankton community structure along a trophic gradient in a canyon-shaped dam reservoir. *Journal of Plankton Research* **22**, 1829–1840.
- Sed'a, J. a Kubečka, J. (1997) Long-term biomanipulation of Rimov Reservoir (Czech Republic). *Hydrobiologia* **345**, 95–108.
- Schaefer, W.F. (1977) Growth patterns, food habits and seasonal depth distribution of yellow perch in southwestern lake Michigan. *Wisc. Acad. Sci., Arts Lett.* **64**, 204–215.
- Schleuter, D. (2007) Competition for food between perch (*Perca fluviatilis* L.) and invasive ruffe (*Gymnocephalus cernus* L.) in re-ogiotrophic Lake Constance. *Cuvilier Verlag*, 118.
- Štefáček, S. (2010) *Encyklopedie vodních ploch Čech, Moravy a Slezka*. Praha.
- Švátora, M. (1986) Okoun říční, Český rybářský svaz. *Naše vojsko*, 6–35.
- Terlecki, J. (1987) The diet of adult perch (*Perca fluviatilis* L.), in the Vistula dam reservoir in Wloclawek. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* **17**, 43–57.
- Thorpe, J.E. (1977a) Morphology, physiology, behavior, and ecology of *Perca fluviatilis* L. and *P. flavescens* Mitchill. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**, 1504–1514.
- Thorpe, J.E. (1977b) Synopsis of biological data on the perch *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 and *Perca flavescens* Mitchill. *FAO Fish. Synop.* **113**, 138.
- Timmons, T.J. (1984) Food of a southeastern united states population of yellow perch, *Perca flavescens* (Mitchill) in West Point lake, Alabama-Georgia. *Journal of the Tennessee, Academy of Science* **59**, 54–59.
- Toner, D. a Rougeot, C. (2008) Farming of Eurasian Perch: Aquaculture Explained Special Publication. **24**, 72.
- Tonn, W.M., Paszkowski, C.A. a Holopainen, I.J. (1991) Selective piscivory by perch: Effects of predator size, prey size, and prey species. *Int. Assoc. Theoret. & Appl. Limnol.* **24**, 2406–2411.
- Vašek, M., Jarolím, O., Čech, M., Kubečka, J. a Peterka, J. (2008) The use of pelagic habitat by cyprinids in a deep riverine impoundment: Rimov Reservoir, Czech Republic. *Folia Zoologica* **57**, 324–336.

- Vašek, M., Prchalová, M., Říha, M., et al. (2016) Fish community response to the longitudinal environmental gradient in Czech deep-valley reservoirs: Implications for ecological monitoring and management. *Ecological Indicators* **63**, 219–230.
- Vaughan, G.E. a Coble, D.W. (1975) Sublethal effects of three ectoparasites on fish. *Journal of Fish Biology* **7**, 283–294.
- Virová hemoragická septikémie (2009) Available at:
http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=398570&s_lang=2&title=virov%E1%20hemoragick%E1%20septik%E9mie [Accessed November 2, 2016].
- Vodní díla a nádrže (2013) Available at: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vodni-dila-a-nadrze> [Accessed October 12, 2016].
- Vostradovský, J. (1970) Fishery in Czechoslovakia. The two lakes second fish. mgmt. Training course respt. *Janson Serv., Dalmany House, London* **3**, 127–137.
- Vostradovský, J. (1962) K bionomii okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) v údolní nádrži Mšeno. *Sb. Severoč. Muzea, přír. vědy* **2**, 159–173.
- Vrba, J., Kopáček, J., Bittl, T., et al. (2006) A key role of aluminium in phosphorus availability, food web structure, and plankton dynamics in strongly acidified lakes. *Biologia* **61**, 247–260.
- Wahli, T., Burr, S.E., Pugovkin, D., Mueller, O. a Frey, J. (2005) *Aeromonas sobria*, a causative agent of disease in farmed perch, *Perca fluviatilis* L. *Journal of Fish Diseases* **28**, 141–150.
- Ward, F.J. a Robinson, G.G.C. (1974) A review of the research on the limnology of West Blue Lake, Manitoba. *J. Fish. Res. Board Can.* **103**, 977–1005.
- Welcomme, R.L. (1988) International introductions of inland aquatic species. FAO. Fisheries and Aquaculture Department.
- Williams, A., Mapstone, B.D. a Davies, C.R. (2007) Spatial and interannual patterns in growth of an exploited coral-reef fish. *Journal of Fish Biology* **71**, 970–992.
- Worthington, E.B. (1950) An experiment with populations of fish in Windermere, 1939–1948. *Proc. Zool. Soc. London* **120**, 113–149.

8. Přílohy

Seznam příloh

1. **Obr. 1:** Geografické rozšíření okouna říčního.
2. **Obr. 2:** Mapa České Republiky s jednotlivými oblastmi odběru vzorků.
3. **Obr. 3:** Stereomikroskop propojený kamerou s počítačem a pomůcky.
4. **Obr. 4:** Jedna z pořízených fotografií otolitů pro nádrž Římov.
5. **Obr. 5:** Fotografie měření otolitů.
6. **Obr. 6:** Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Karhov.
7. **Obr. 7:** Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Římov.
8. **Obr. 8:** Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Nýrsko.
9. **Obr. 9:** Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro jezero Most.
10. **Obr. 10:** Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Vranov.
11. **Obr. 11:** Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro Karhov.
12. **Obr. 12:** Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro Římov.
13. **Obr. 13:** Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro Nýrsko.
14. **Obr. 14:** Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro Most.
15. **Obr. 15:** Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro Vranov.
16. **Obr. 16:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 0+ v době ulovení.
17. **Obr. 17:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 1+ v době ulovení.
18. **Obr. 18:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1.
19. **Obr. 19:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ v době ulovení.
20. **Obr. 20:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1.
21. **Obr. 21:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 2.

22. **Obr. 22:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 3+ v době ulovení.
23. **Obr. 23:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 4+ v době ulovení.
24. **Obr. 24:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůstky věkové skupiny ryb 1+.
25. **Obr. 25:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůstky věkové skupiny ryb 2+.
26. **Obr. 26:** Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůstky věkové skupiny ryb 3+.
27. **Obr. 27:** Porovnání standardní délky okounů kohorty 2+ mezi jednotlivými nádržemi pro přírůstek věkové skupiny 1+ a 2+.
28. **Obr. 28:** Porovnání standardní délky okounů kohorty 3+ mezi jednotlivými nádržemi pro přírůstek věkové skupiny 1+ a 2+.
29. **Obr. 29:** Závislost velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a koncentrací chlorofylu *a*.
30. **Obr. 30:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a koncentrací chlorofylu *a*.
31. **Obr. 31:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a hloubkou všech nádrží.
32. **Obr. 32:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a hloubkou všech nádrží.
33. **Obr. 33:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a biomasou ryb, které byly uvažovány jako potencionální predátoři okounů.
34. **Obr. 34:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a biomasou ryb, které byly uvažovány jako potencionální predátoři okounů.
35. **Obr. 35:** Závislost mezi velikostí tohoročních ryb (0+) v době ulovení a celkovou biomasou ulovených ryb.
36. **Obr. 36:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ v době ulovení a celkovou biomasou ulovených ryb.

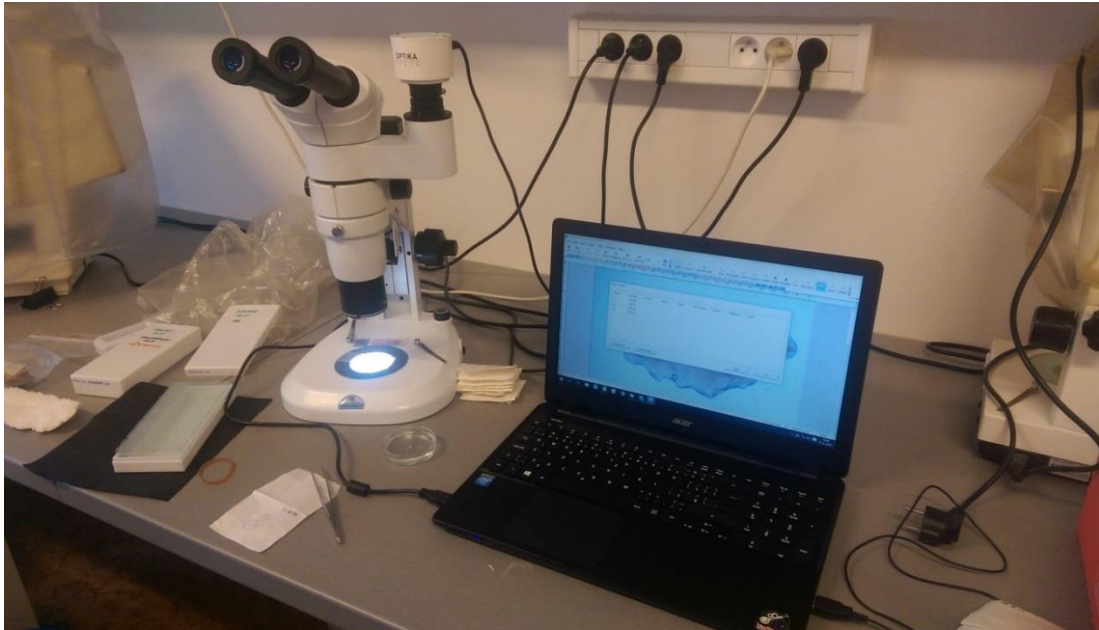
37. **Obr. 37:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a celkovou biomasou ulovených ryb.
38. **Obr. 38:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 2 a celkovou biomasou ulovených ryb.
39. **Obr. 39:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 3 a celkovou biomasou ulovených ryb.
40. **Obr. 40:** Závislost mezi velikostí věkové kategorie 5+ v době ulovení a biomasou plotic.
41. **Tab. I:** Rozsah hodnot a popis jednotlivých faktorů použitých v korelačních a regresních analýzách.
42. **Tab. II:** Jednotlivé nádrže s hodnotami celkového počtu okounů, průměrné, minimální a maximální velikosti a jejich stáří.
43. **Tab. III:** Výsledné hodnoty korelace mezi velikostmi okounů a základními charakteristikami nádrží s barevně vyznačenými hodnotami významnosti.



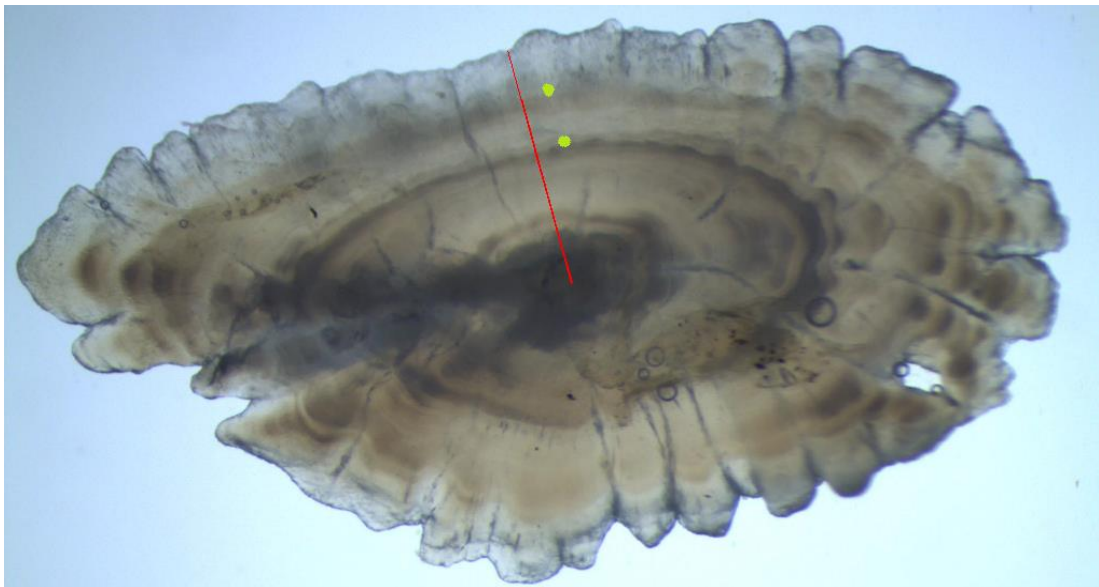
Obr. 1: Geografické rozšíření okouna říčního vyznačené žlutou barvou (Freyhof a Kottelat 2008).



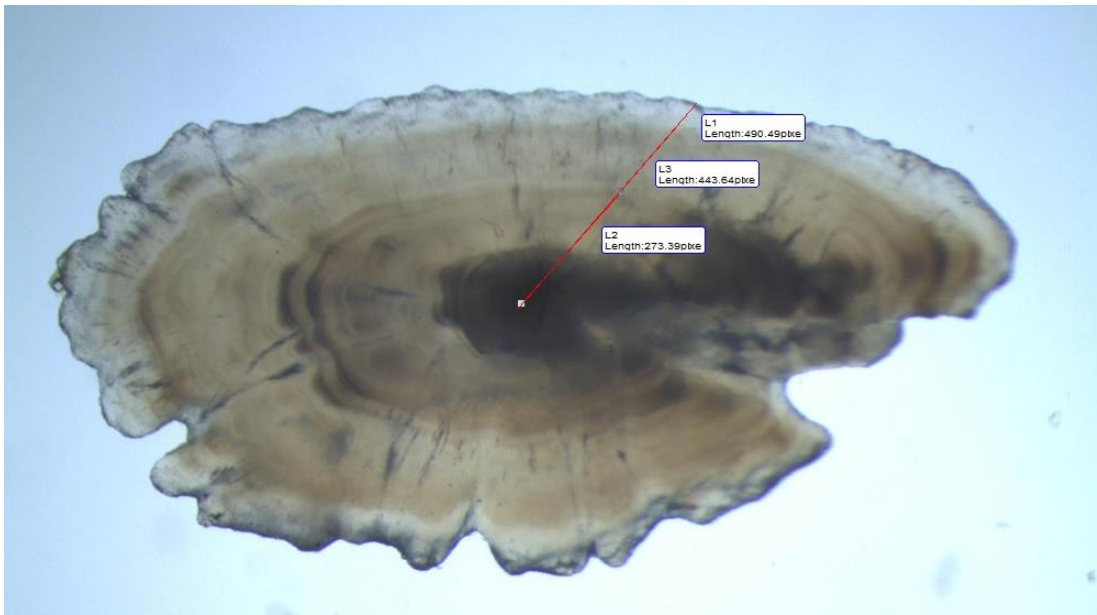
Obr. 2: Mapa České Republiky, ve které jsou vyznačeny jednotlivé oblasti odběru vzorků: 1-Karhov, 2-Nýrsko, 3-Římov, 4-Most, 5-Vranov (Mapy.cz 2016, upraveno).



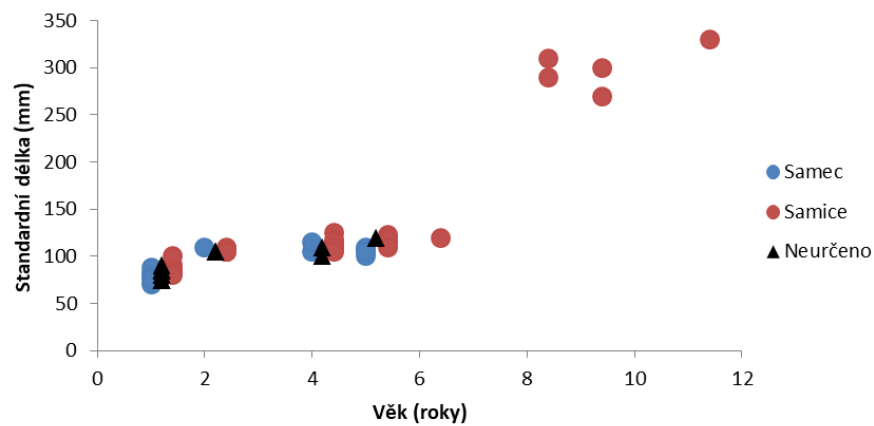
Obr. 3: Stereomikroskop (STM 8235410) propojený kamerou (Optikam B3, software Optika View ver. 7.1.1.5) s počítačem. Dále jsou zde vidět pomůcky jako pinzeta a Petriho miska.



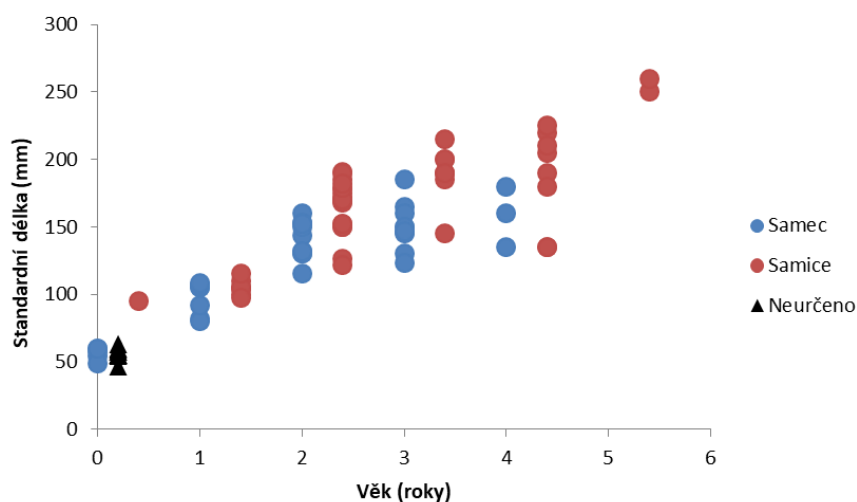
Obr. 4: Jedna z pořízených fotografií z nádrže Římov vhodná k měření. Pro lepší vizualizaci byla tato fotografie v aplikaci Malování upravena zvýrazněním jednotlivých annulů reflexní barvou (zvětšení 20×).



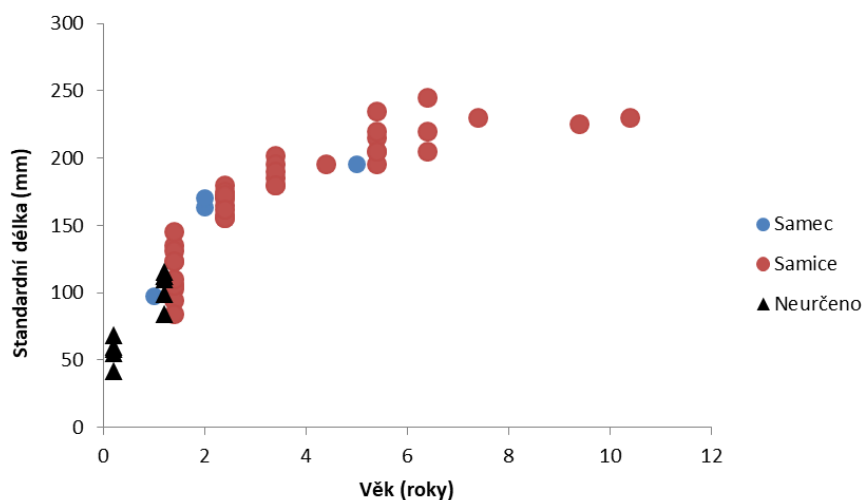
Obr. 5: Ukázka měření otolithu (zvětšení 20×), kde je vyznačena délka poloměru (L1), vzdálenost od středu k prvnímu annulu (L2) a vzdálenost od středu k druhému annulu (L3).



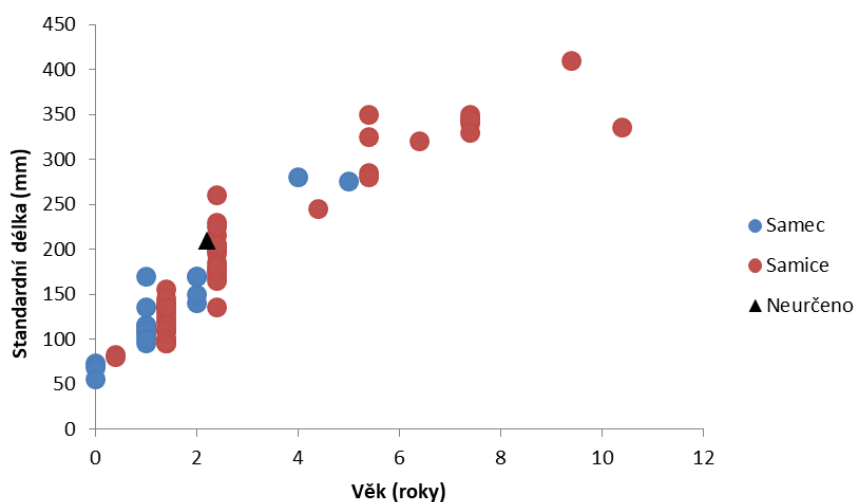
Obr. 6: Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Karhov (modrá: samec, červená: samice a černý trojúhelník: neurčené pohlaví), pro lepší přehlednost jednotlivých bodů bylo na ose X k věku samic přičteno 0,4 a k neurčenému pohlaví 0,2 mm.



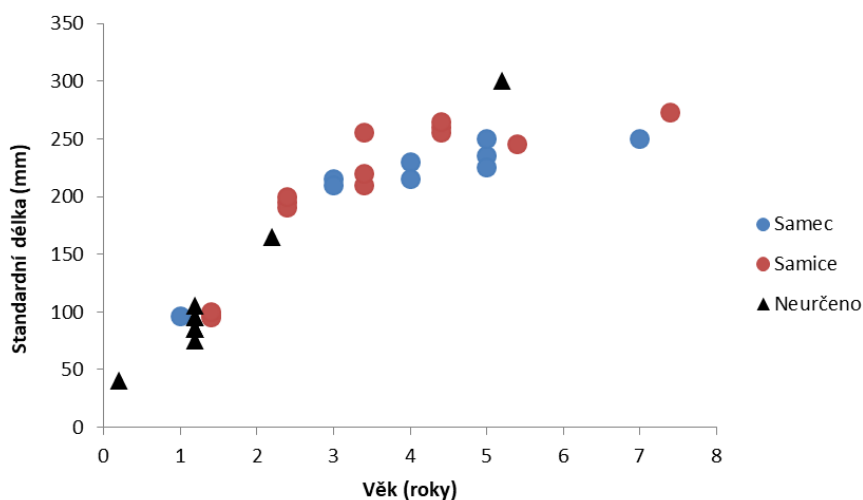
Obr. 7: Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Římov (modrá: samec, červená: samice a černý trojúhelník: neurčené pohlaví), pro lepší přehlednost jednotlivých bodů bylo na ose X k věku samic přičteno 0,4 a k neurčenému pohlaví 0,2 mm.



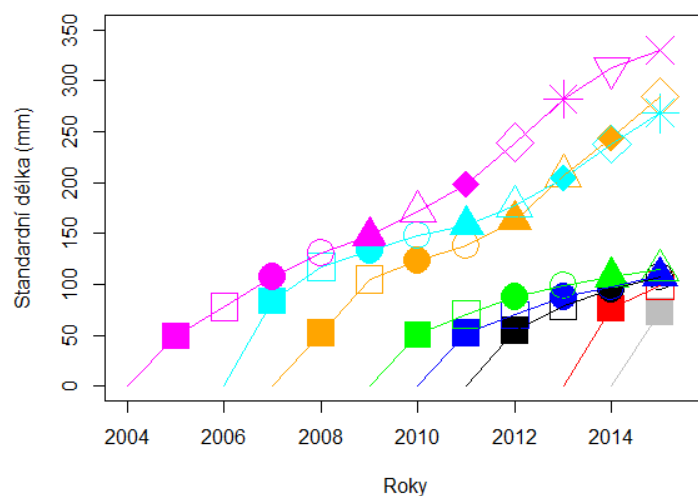
Obr. 8: Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Nýrsko (modrá: samec, červená: samice a černý trojúhelník: neurčené pohlaví), pro lepší přehlednost jednotlivých bodů bylo na ose X k věku samic přičteno 0,4 a k neurčenému pohlaví 0,2 mm.



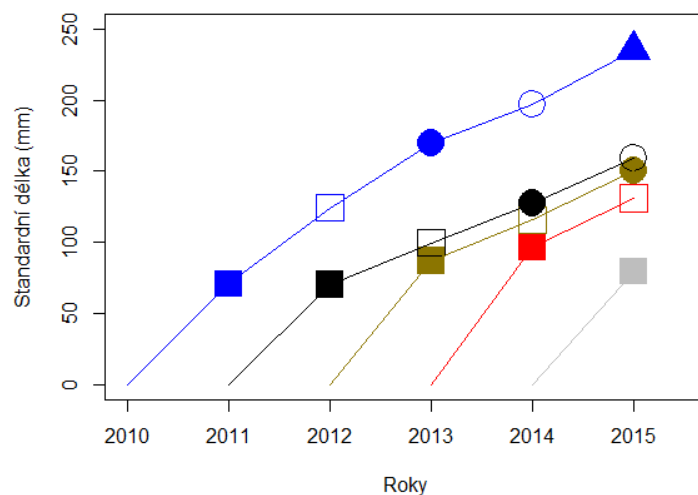
Obr. 9: Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro jezero Most (modrá: samec, červená: samice a černý trojúhelník: neurčené pohlaví), pro lepší přehlednost jednotlivých bodů bylo na ose X k věku samic přičteno 0,4 a k neurčenému pohlaví 0,2 mm.



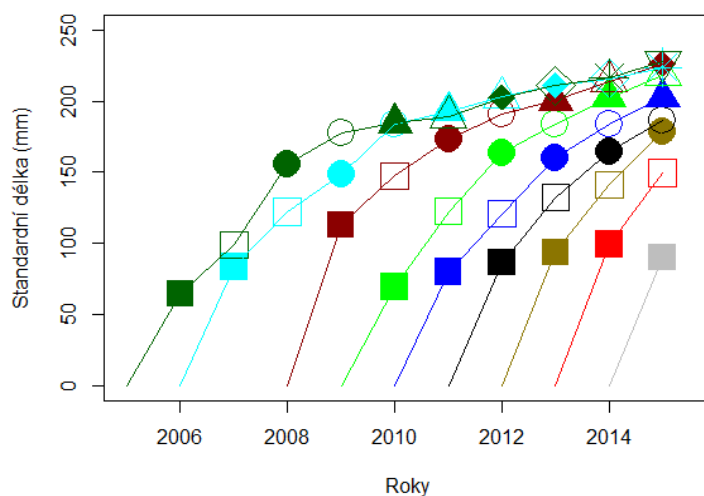
Obr. 10: Závislost délky jednotlivých pohlaví na věku pro nádrž Vranov (modrá: samec, červená: samice a černý trojúhelník: neurčené pohlaví), pro lepší přehlednost jednotlivých bodů bylo na ose X k věku samic přičteno 0,4 a k neurčenému pohlaví 0,2 mm.



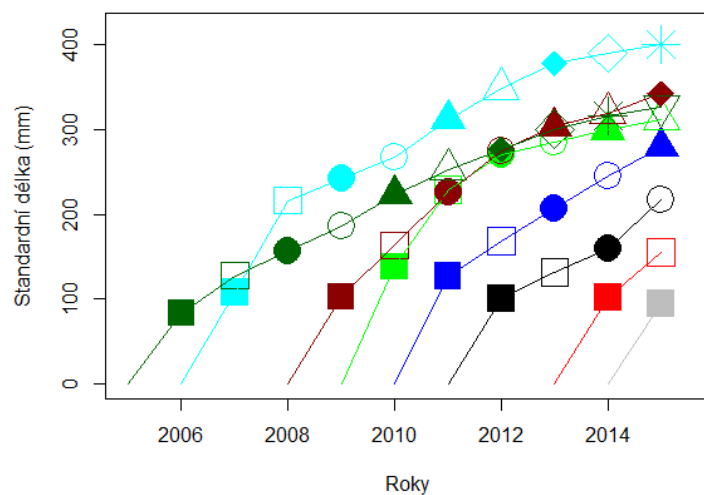
Obr. 11: Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro nádrž Karhov (symboly: plný čtverec 1+, prázdný čtverec 2+, plné kolečko 3+, prázdné kolečko 4+, plný trojúhelník 5+, prázdný trojúhelník 6+, plný kosočtverec 7+, prázdný kosočtverec 8+, hvězdička 9+, prázdný obrácený trojúhelník 10+ a křížek 11+). Jednotlivé barvy odlišují ryby stejné věkové skupiny.



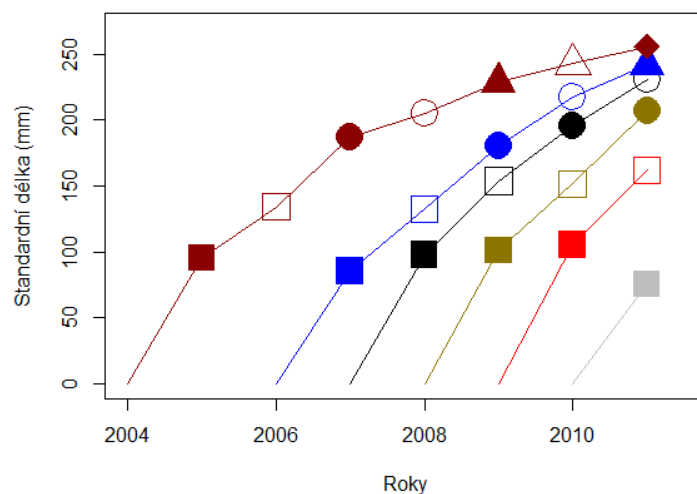
Obr. 12: Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro nádrž Římov (symboly: plný čtverec 1+, prázdný čtverec 2+, plné kolečko 3+, prázdné kolečko 4+, plný trojúhelník 5+). Jednotlivé barvy odlišují ryby stejné věkové skupiny.



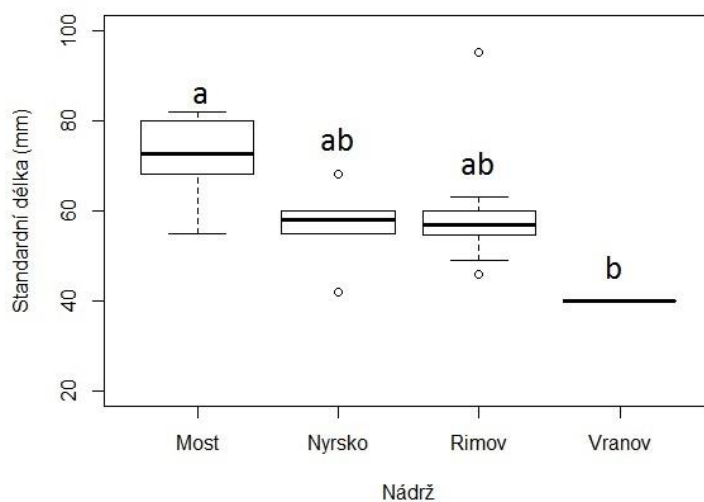
Obr. 13: Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro nádrž Nýrsko (symboly: plný čtverec 1+, prázdný čtverec 2+, plné kolečko 3+, prázdné kolečko 4+, plný trojúhelník 5+, prázdný trojúhelník 6+, plný kosočtverec 7+, prázdný kosočtverec 8+, hvězdička 9+ a prázdný obrácený trojúhelník 10+). Jednotlivé barvy odlišují ryby stejné věkové skupiny.



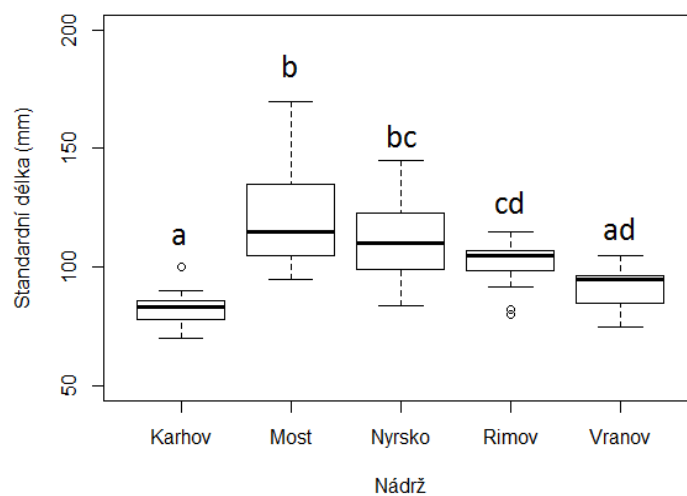
Obr. 14: Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro jezero Most (symboly: plný čtverec 1+, prázdný čtverec 2+, plné kolečko 3+, prázdné kolečko 4+, plný trojúhelník 5+, prázdný trojúhelník 6+, plný kosočtverec 7+, prázdný kosočtverec 8+, hvězdička 9+ a prázdný obrácený trojúhelník 10+). Jednotlivé barvy odlišují ryby stejné věkové skupiny.



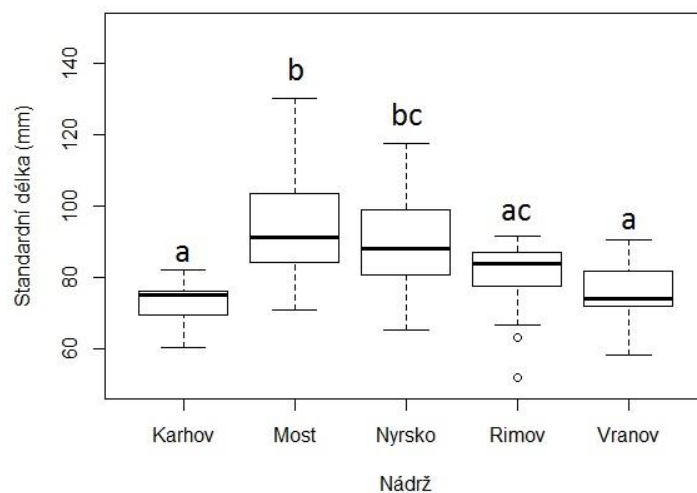
Obr. 15: Průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech pro nádrž Vranov (symboly: plný čtverec 1+, prázdný čtverec 2+, plné kolečko 3+, prázdné kolečko 4+, plný trojúhelník 5+, prázdný trojúhelník 6+, plný kosočtverec 7+). Jednotlivé barvy odlišují ryby stejné věkové skupiny.



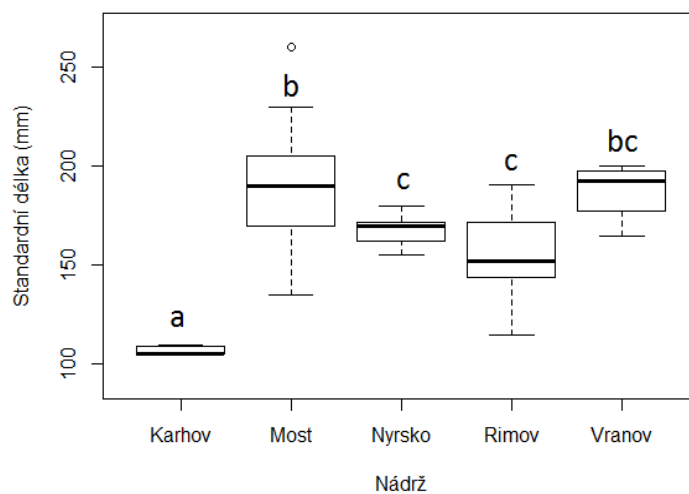
Obr. 16: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 0+ v době ulovení. Písmena v obrázku označují statisticky významné rozdíly mezi skupinami (Tukey HSD: $p < 0,05$). Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



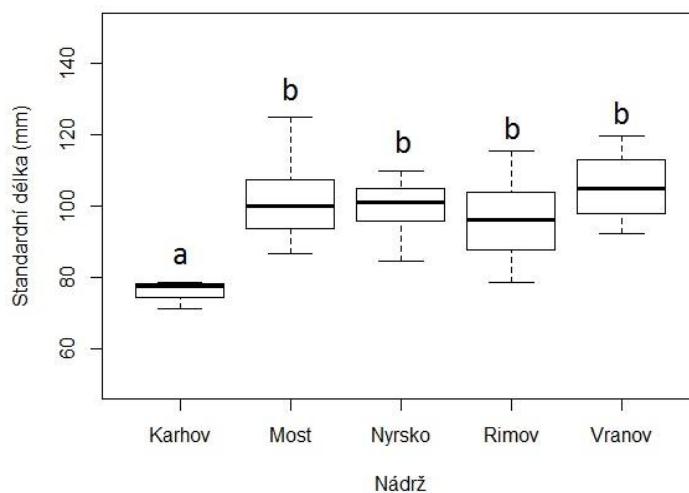
Obr. 17: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 1+ v době ulovení. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



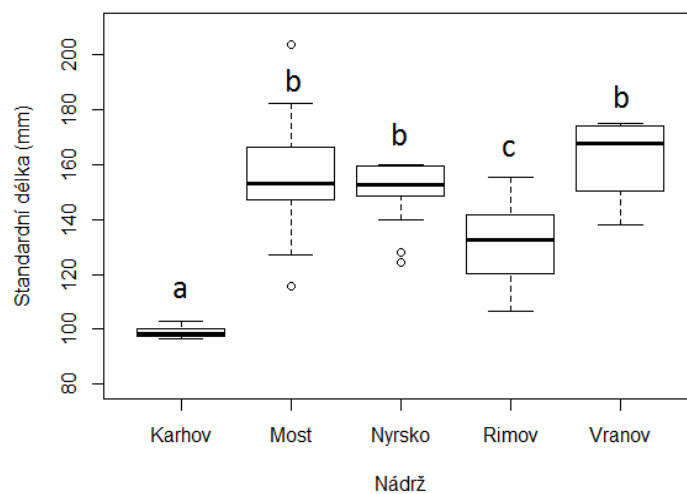
Obr. 18: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



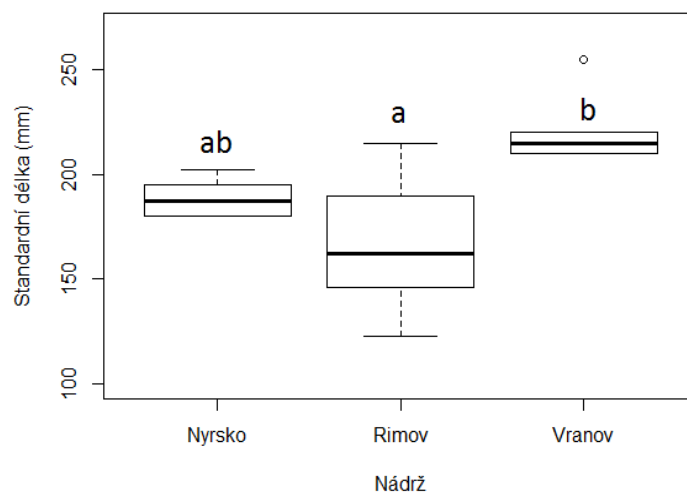
Obr. 19: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ v době ulovení. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



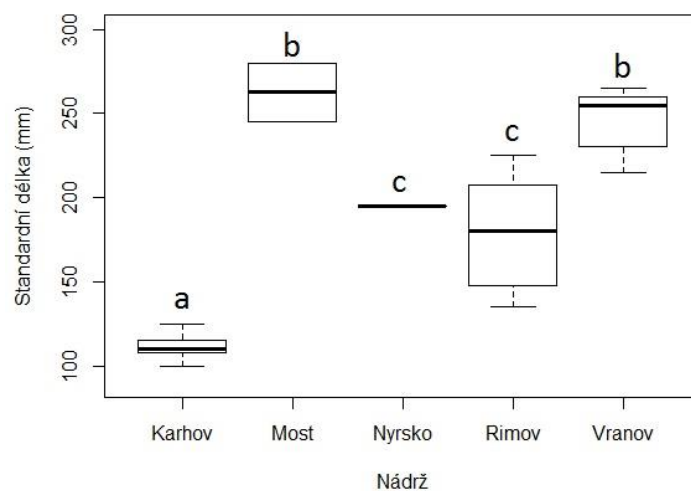
Obr. 20: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot.



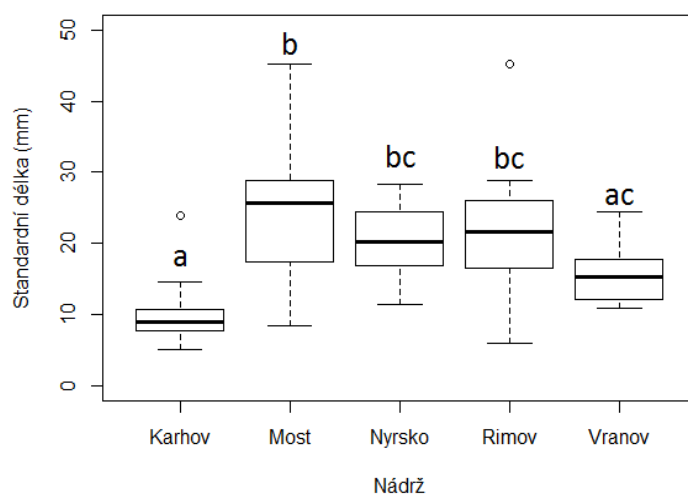
Obr. 21: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 2+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 2. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



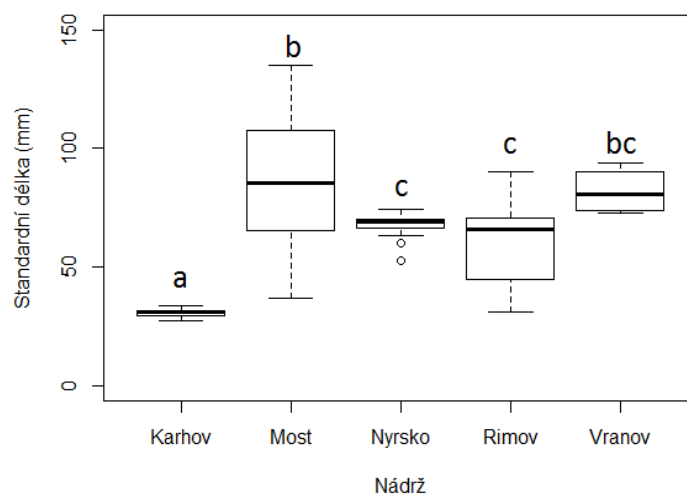
Obr. 22: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 3+ v době ulovení. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



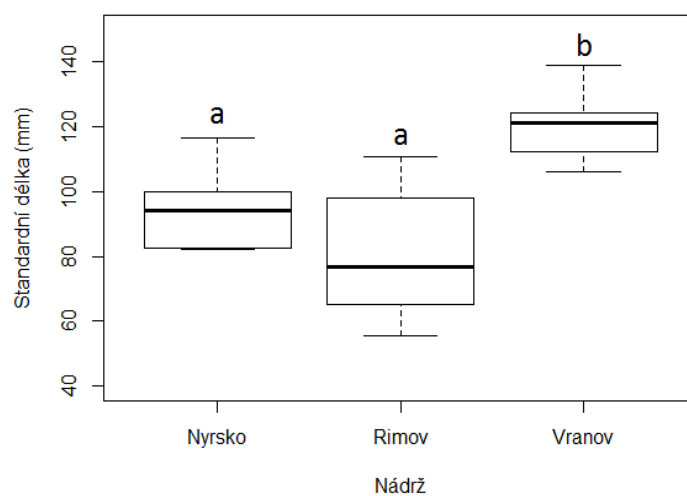
Obr. 23: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro věkovou skupinu ryb 4+ v době ulovení. Střed boxu označuje medián, box 25–75% kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot.



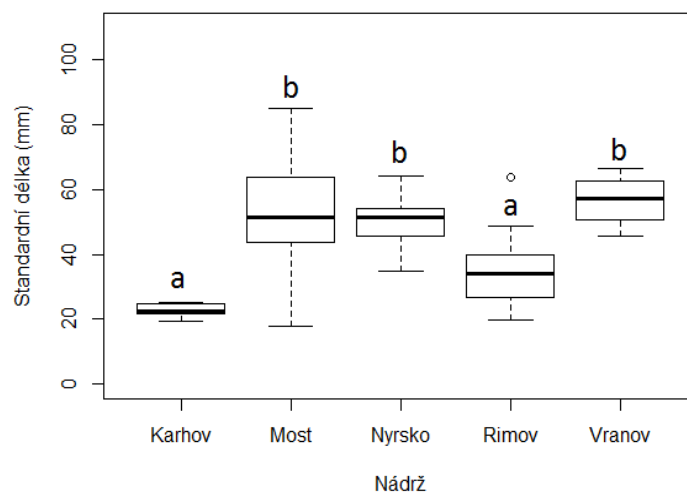
Obr. 24: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůsteky věkové skupiny ryb 1+. Střed boxu označuje medián, box 25–75 % kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



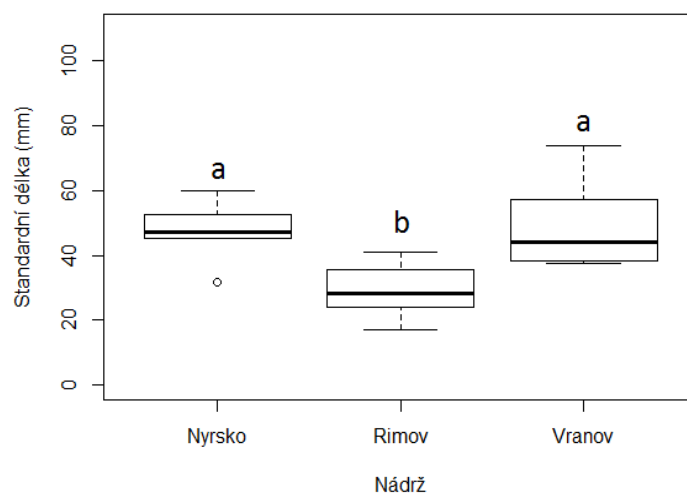
Obr. 25: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůstky věkové skupiny ryb 2+. Střed boxu označuje medián, box 25–75% kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



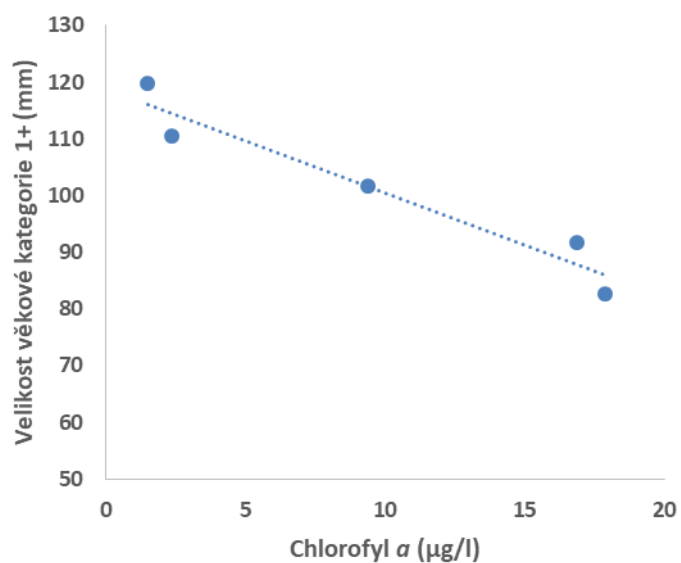
Obr. 26: Porovnání standardní délky okounů mezi jednotlivými nádržemi pro letní přírůstky věkové skupiny ryb 3+. Střed boxu označuje medián, box 25–75% kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot.



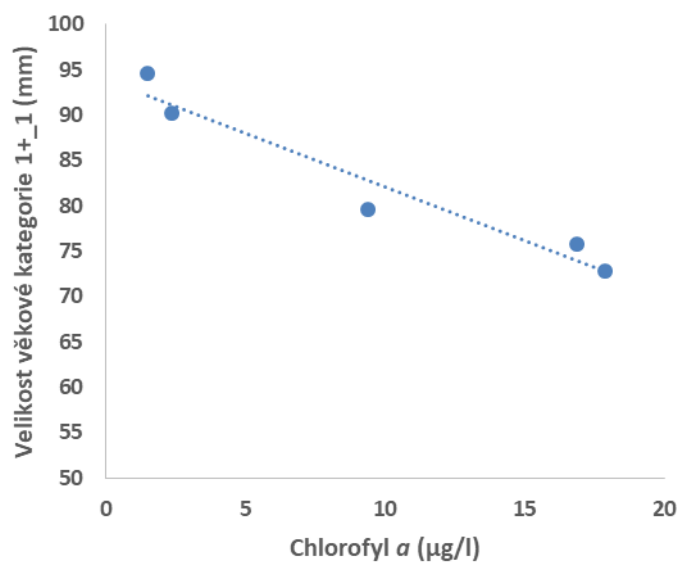
Obr. 27: Porovnání standardní délky okounů kohorty 2+ mezi jednotlivými nádržemi pro přírůstek věkové skupiny 1+ a 2+. Střed boxu označuje medián, box 25–75% kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



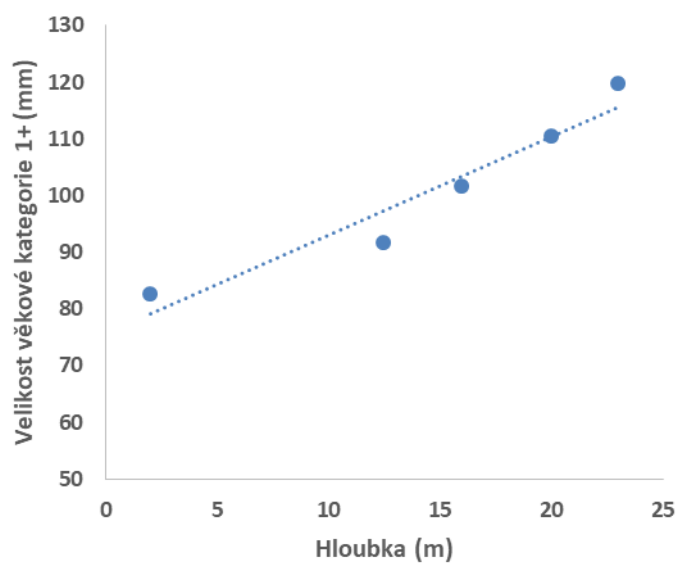
Obr. 28: Porovnání standardní délky okounů kohorty 3+ mezi jednotlivými nádržemi pro přírůstek mezi danými věkovými skupinami 1+ a 2+. Střed boxu označuje medián, box 25–75% kvartily, chybové úsečky rozsah hodnot bez extrémně odchýlených a prázdný kruh extrémně odchýlené hodnoty.



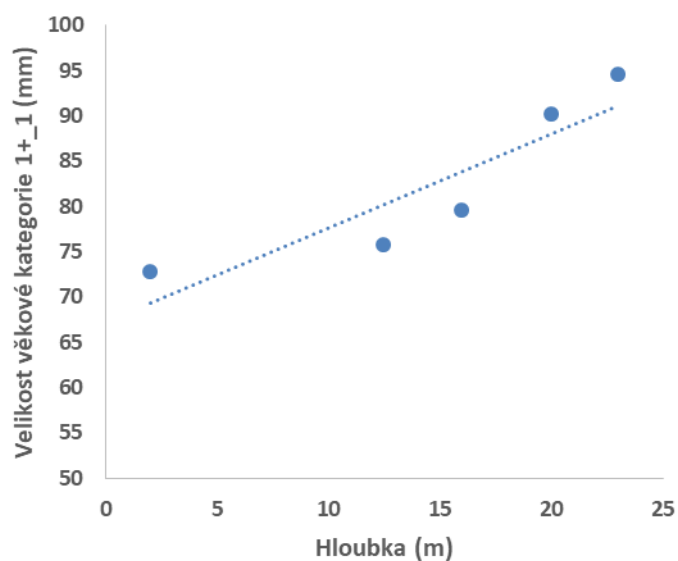
Obr. 29: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a koncentrací chlorofylu *a*. Rovnice přímky: $y = -1,84x + 118,82$; $R^2 = 0,939$.



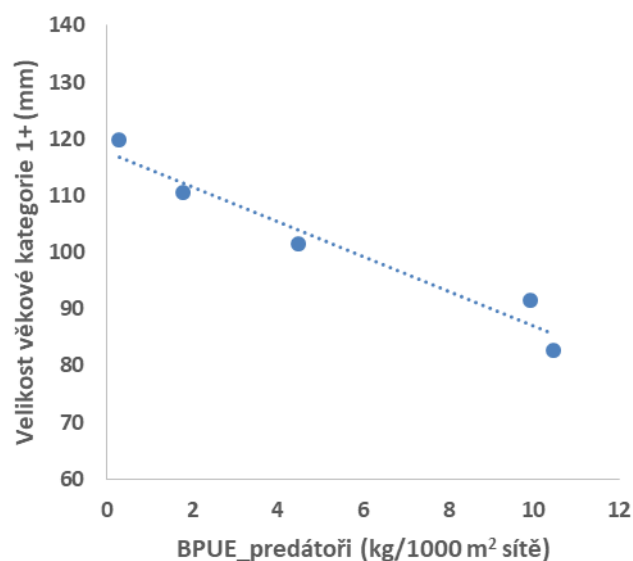
Obr. 30: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a koncentrací chlorofylu *a*. Rovnice přímky: $y = -1,18x + 93,92$; $R^2 = 0,943$.



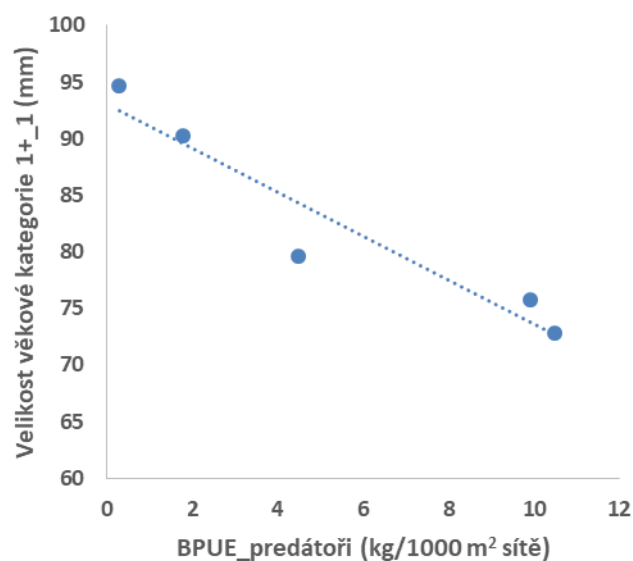
Obr. 31: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a hloubkou všech nádrží. Rovnice přímky: $y = 1,73x + 75,64$; $R^2 = 0,923$.



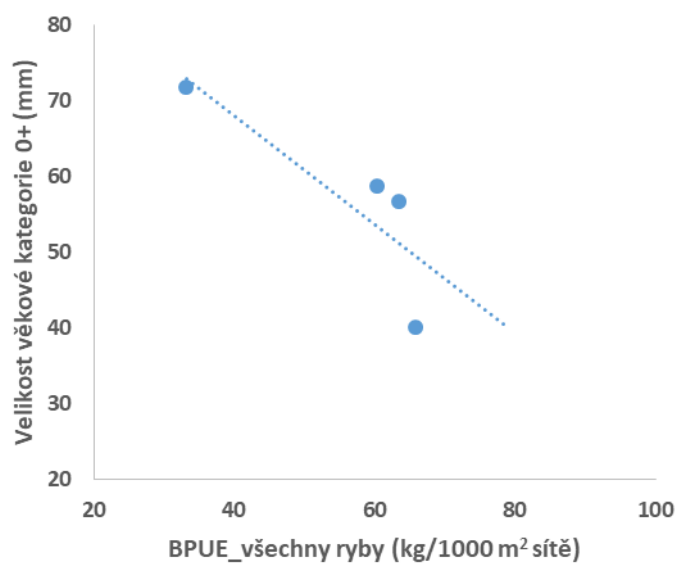
Obr. 32: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a hloubkou všech nádrží. Rovnice přímky: $y = 1,04x + 67,25$; $R^2 = 0,809$.



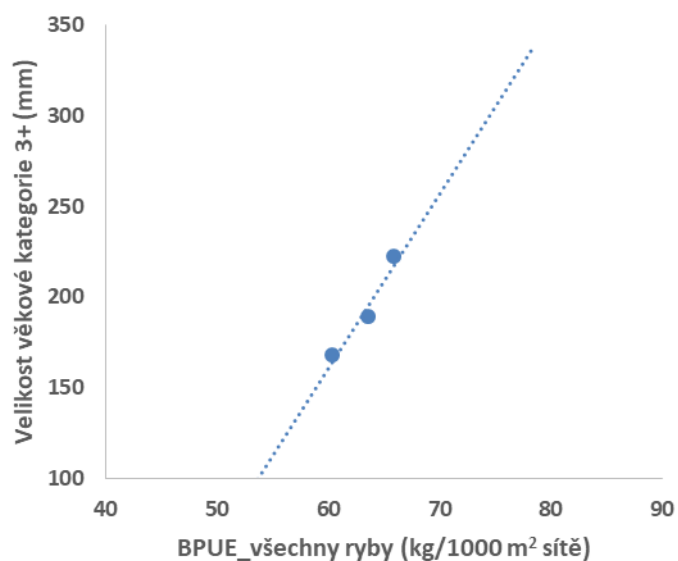
Obr. 33: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ v době ulovení a biomasou ryb, které byly uvažovány jako potenciální predátoři okounů. Rovnice přímky: $y = -3,09x + 117,79$; $R^2 = 0,949$.



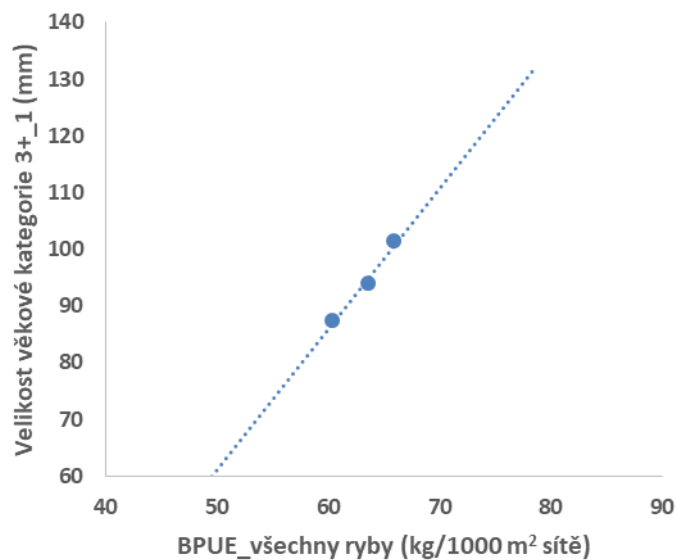
Obr. 34: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 1+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a biomasou ryb, které byly uvažovány jako potenciální predátoři okounů. Rovnice přímky: $y = -1,94x + 93,03$; $R^2 = 0,912$.



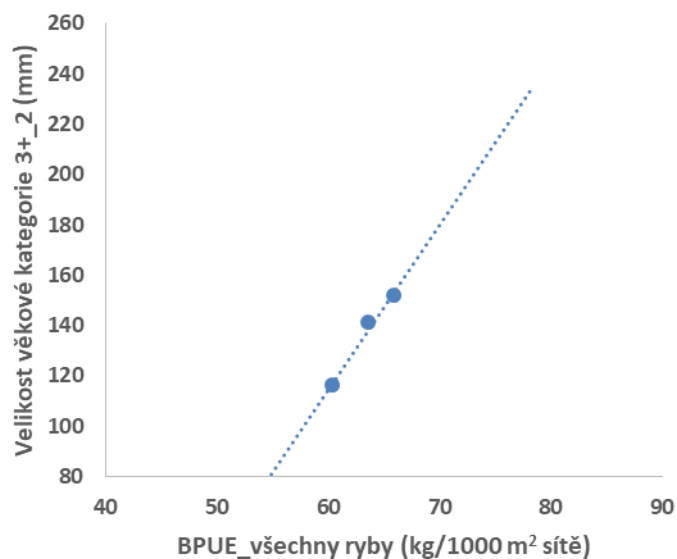
Obr. 35: Závislost mezi velikostí tohoročních ryb (0+) v době ulovení a celkovou biomasou ulovených ryb. Rovnice přímky: $y = -0,72x + 96,73$; $R^2 = 0,709$.



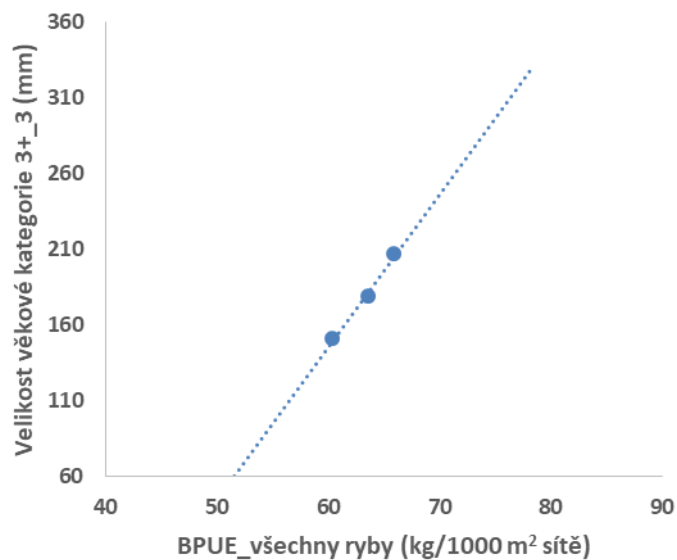
Obr. 36: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ v době ulovení a celkovou biomasou ulovených ryb. Rovnice přímky: $y = 9,63x - 417,13$; $R^2 = 0,954$.



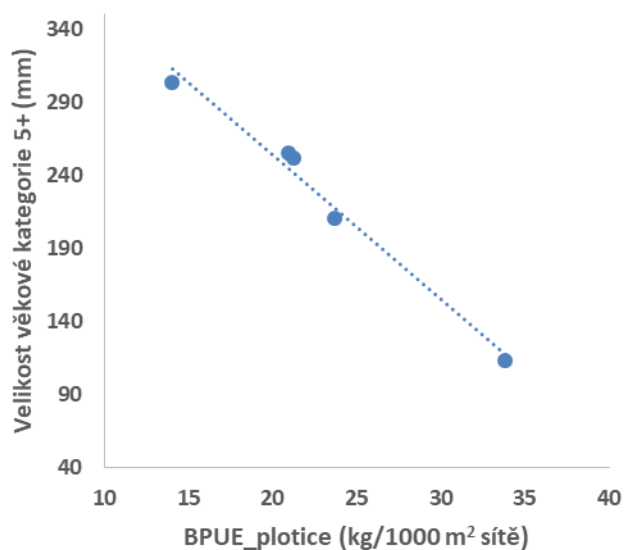
Obr. 37: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 1 a celkovou biomasou ulovených ryb. Rovnice přímky: $y = 2,48x - 62,85$; $R^2 = 0,983$.



Obr. 38: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 2 a celkovou biomasou ulovených ryb. Rovnice přímky: $y = 6,55x - 278,08$; $R^2 = 0,978$.



Obr. 39: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 3+ se zpětně dopočítanou velikostí ročníku 3 a celkovou biomasou ulovených ryb. Rovnice přímky: $y = 10,09x - 460,28$; $R^2 = 0,993$.



Obr. 40: Závislost mezi velikostí věkové kategorie 5+ v době ulovení a biomasou plotic. Rovnice přímky: $y = -9,90x + 451,70$; $R^2 = 0,982$.

Tab. I: Rozsah hodnot a popis jednotlivých faktorů použitých v korelačních a regresních analýzách.

Označení faktoru	Rozsah hodnot			Popis
	min	max	průměr	
pH	7,10	9,00	7,98	vodíkový exponent zdávající, zda je voda kyselá (<7) či zásaditá (>7)
Teplota	17,00	18,20	17,64	udává tepelný stav vody (°C)
Koncentrace P	0,01	0,03	0,02	obsah celkového fosforu ve vodě (mg/l)
Koncentrace O ₂	9,00	11,50	9,96	obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (mg/l)
Chlorofyl <i>a</i>	1,50	17,90	9,62	koncentrace řas a sinc (μg/l)
Hloubka	2,00	23,00	14,70	udává hloubku nádrže (m)
Rozloha	27,00	610,00	259,60	údaj o velikosti nádrže (ha)
BPUE všechny ryby	33,15	78,35	60,28	celková biomasa ulovených ryb (kg/1000 m ² sítě)
BPUE okouni	3,98	30,95	12,85	biomasa okounů (kg/1000 m ² sítě)
BPUE plotice	14,04	33,83	22,76	biomasa plotic (kg/1000 m ² sítě)
BPUE kořisti	21,83	51,91	38,83	biomasa ryb (kg/1000 m ² sítě), které byly uvažovány jako potencionální kořist pro dravé okouny (ouklej, ježdík, perlín, cejn, cejnek, slunečnice, jelec a hlavačka)
BPUE predátoři	0,31	10,48	5,40	biomasa ryb (kg/1000 m ² sítě), které byly uvažovány jako potencionální predátoři okounů (štika, candát, sumec, bolen a úhoř)
BPUE planktofágové	24,00	58,74	41,42	biomasa ryb (kg/1000 m ² sítě), které se živí především planktonem a jsou tak konkurenty o potravu mladým okounům (plotice, perlín, síh, cejn, ouklej, cejnek, slunečnice, jelec, lín a hlavačka)

Tab. II: Jednotlivé nádrže s hodnotami celkového počtu okounů, průměrné, minimální a maximální velikosti a jejich stáří.

Nádrž	Celkový počet okounů (Ks)	Velikost (mm)			Věk (roky)		
		průměr	min	max	průměr	min	max
Karhov 2015	60	116	70	330	3	1	11
Římov 2015	91	137	46	260	2	0	5
Nýrsko 2015	56	153	42	245	3	0	10
Most 2015	69	181	55	410	2	0	10
Vranov 2011	34	176	40	300	3	0	7

Tab. III: Výsledné hodnoty korelace mezi velikostmi okounů a základními charakteristikami nádrží s barevně vyznačenými hodnotami významnosti. Velikosti okounů jsou v době ulovení (x) nebo zpětně dopočteny z otolůh pro danou věkovou kategorii.

stáří v době ulovení	dopočítaná velikost ročníku	pH	teplota	konzentrace O2	chlorofyl	hloubka	rozloha	vše	okoun	plotice	koříst	predátory	planktofág
0+	x	-0,2	-0,4	-0,8	-0,8	0,8	-0,2	-1	-0,6	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4
1+	1	0,3	-0,2	0	-1	1	0,3	-0,9	-0,1	-0,7	-0,7	-1	-0,9
2+	1	0,9	0,5	0,6	-0,4	0,4	0,9	-0,3	0,3	-0,5	-0,6	-0,4	-0,7
3+	1	0,5	0,5	0,5	0,5	-0,5	0,5	1	0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
4+	1	0,8	0,3	0,3	-0,7	0,7	0,8	-0,6	0,1	-0,7	-0,8	-0,7	-0,9
5+	1	0,8	0,3	0,3	-0,7	0,7	0,8	-0,6	0,1	-0,7	-0,8	-0,7	-0,9
1+	x	0,3	-0,2	0	-1	1	0,3	-0,9	-0,1	-0,7	-0,7	-1	-0,9
2+	2	0,9	0,5	0,6	-0,4	0,4	0,9	-0,3	0,3	-0,5	-0,6	-0,4	-0,7
3+	2	0,5	0,5	0,5	0,5	-0,5	0,5	1	0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
4+	2	0,7	0,3	0,7	-0,3	0,3	0,7	-0,1	0,6	-0,2	-0,5	-0,3	-0,6
5+	2	0,9	0,6	0,4	-0,6	0,6	0,9	-0,7	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7
2+	x	0,8	0,3	0,3	-0,7	0,7	0,8	-0,6	0,1	-0,7	-0,8	-0,7	-0,9
3+	3	0,5	0,5	0,5	0,5	-0,5	0,5	1	0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
4+	3	0,7	0,3	0,7	-0,3	0,3	0,7	-0,1	0,6	-0,2	-0,5	-0,3	-0,6
5+	3	0,9	0,6	0,4	-0,6	0,6	0,9	-0,7	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7
3+	x	0,5	0,5	0,5	0,5	-0,5	0,5	1	0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
4+	4	0,9	0,5	0,6	-0,4	0,4	0,9	-0,3	0,3	-0,5	-0,6	-0,4	-0,7
5+	4	0,9	0,6	0,4	-0,6	0,6	0,9	-0,7	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7
4+	x	0,8	0,3	0,3	-0,7	0,7	0,8	-0,6	0,1	-0,7	-0,8	-0,7	-0,9
5+	5	0,9	0,6	0,4	-0,6	0,6	0,9	-0,7	-0,3	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7
5+	x	0,7	0,5	0,3	-0,7	0,7	0,7	-0,9	-0,6	-1	-0,3	-0,7	-0,6

P<0,05

p<0,0001