

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí
Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Zuzana Hubáčková

Růst ježdíka obecného (*Gymnocephalus cernuus*, L.) v českých nádržích
Growth of *Gymnocephalus cernuus*, L. in freshwater reservoirs

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jaroslava Frouzová, Ph.D.

Praha, 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, že řádně cituji všechny použité zdroje a literaturu a že práce nebyla použita v rámci jiného vysokoškolského studia nebo k získání jiného či stejného titulu. Rovněž prohlašuji, že předložená tištěná verze bakalářské práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne 19. 5. 2017

podpis:

Děkuji Ing. Jaroslavě Frouzové, Ph.D. za vedení mé práce. Mgr. Petru Blábolilovi děkuji za zpracované protokoly o tenatních úlovcích a Mgr. Kateřině Soukalové za zpracování otolitů. Dále patří mé díky Mgr. Barboře Lepkové za umožnění přístupu do laboratoře katedry botaniky.

Abstrakt

Ježdík obecný, *Gymnocephallus cernuus* (Linné, 1758), nepatří mezi hospodářsky významné druhy ryb, ale je velmi invazní a často konkuruje ekonomicky hodnotným druhům ryb. Jelikož ježdík ovlivňuje populace hospodářsky významných ryb, a to buď soutěžením o potravu nebo žraním plůdků a jiker, informace o jeho růstu, zakládání a vývoji nových populací, jsou potřebné. Areál ježdíka je v současnosti rozsáhlý, ale na mnoha místech je ježdík nepůvodní, což vede v daných místech k poklesu biodiverzity, a to mnoho vědců motivuje, aby ježdíkům věnovali větší pozornost.

Jelikož se jedná o nežádoucí druh, je snaha ježdíky v mnoha jeho nepůvodních areálech redukovat, k těmto zázkrokům je třeba mít o populacích ježdíků co možná nejvíce poznatků. K získání kvantitativních dat o celé populaci ryb je třeba znát strukturu populace a rozsah variací růstu v jednotlivých kategoriích.

Text práce je rozdělen do dvou částí. Literární přehled se zabývá popisem nejrůznějších faktorů, které ovlivňují růst ryb a ježdíků obzvlášť. Ve třetí kapitole se řeší určování věku ryb a nejvíce pozornosti je věnováno určování věku z otolitů.

Druhá část práce se zaměřuje na srovnávání CPUE, rychlostí růstu ježdíků obecných v českých nádržích Římově a zatopeném uhelném dole Ležáky a na popis metod zviditelnění anulů.

Z porovnání získaných dat vychází, že v zatopeném uhelném dole Ležáky (Most) prospívají ježdíci lépe než v nádrži Římov, a to díky nižší vnitrodruhové a mezidruhové konkurenci.

Klíčová slova: ježdík, růst, otolit, CPUE

Abstract

Gymnocephalus cernuus (Linné, 1758) doesn't belong to economically important fishes, but it is very invasive and often compete with economically important fishes. Ruffe affects populations of the economically important species by competing with them for food or by eating their eggs and fry. That is the main reason why all information about its growth, establishing and development of new population, is needed. The occurrence of ruffe is currently vast, but ruffe is not indigenous species in many places. It causes reduction of the biodiversity in these areas. Many scientists are motivated by this fact and they pay more attention to ruffe.

Ruffe is not required/undesirable species so there is an effort to reduce them in many of its non-original areas. For these actions a lot of information about populations of ruffe is needed. To get quantitative data about entire population of fish it is necessary to know age structure of population and the range of growth – variations in particular age – categories.

This work is divided into two parts. In the literary review I have concerned with various factors which influence growth of fish and ruffes' particularly. In the third chapter I am dealing with determination of fish age. The most attention is paid to determination of age by the way of otoliths.

In the second part I concentrated on CPUE – comparison, on the growth rate of ruffes in the Czech reservoirs Římov and flooded coal mine Ležáky, and I have described methods of resolution of the annuls rings.

The provisional conclusion is: thanks to lower intraspecific and interspecific competition the ruffes from Most (Ležáky) thrive more than the ones from Římov.

Key words: ruffe, growth, otolith, CPUE

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Ježdík obecný (<i>Gymnocephalus cernuus</i> ; L.,1758).....	8
3	Určování věku ryb.....	11
4	Růst organismů.....	13
4.1	Růst ryb.....	13
4.2	Fáze života ryb.....	13
4.3	Voda – faktor růstu ryb.....	14
5	Růst ježdíka obecného.....	16
5.1	První rok života ježdíků – intenzivní růst.....	16
5.2	Vliv predace na ježdíky.....	16
5.3	Kompetiční vztahy ježdíků.....	17
5.4	Vliv teploty na růst a pohlavní dospění ježdíků.....	18
5.5	Vliv trofie vod na růst ježdíků.....	19
5.6	Rozdíly mezi pohlavími.....	20
5.7	Rozmnožování ježdíků.....	20
5.8	Úmrtnost při přezimování.....	21
5.9	Potrava.....	22
5.9.1	Potravní změna.....	23
5.9.2	Substrát – vliv na lov.....	24
6	Populace ježdíků.....	25
7	Praktická část – růst a věk.....	26
7.1	Úvod.....	26
7.2	Metodika.....	26
7.3	Výsledky.....	28
7.4	Diskuze.....	30
8	Praktická část – zviditelnění anulů.....	33
8.1	Úvod.....	33
8.2	Metodika.....	33
8.3	Výsledky a diskuze.....	33
9	Závěr.....	34
10	Literatura.....	35

1 Úvod

Ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*; L., 1758) je plevelným, invazním a eurytopním druhem, snášejícím širokou škálu pH, salinity, teplot a trofie vody (Lappalainen a Kjellman, 1998; Volta a kol., 2013).

Ježdík je nežádoucí rybou, konkurující ekonomicky významným druhům, a i proto má jeho studium význam (Mašátová, 1986). Podle Kangur a kol. (2003) můžeme získat studiem ježdíků více informací o stavu vodního tělesa, nežli bychom získali studiem ekonomicky hodnotných druhů, i protože populace ježdíků nejsou do takové míry ovlivňovány lidmi – odlovem. Maso má sice ježdík chutné, ale jedinci dosahují malých rozměrů (Mašátová, 1986) a navíc mají ostny (Kangur a kol., 2003). Ale i tak se z nich v Rusku připravuje pokrm ucha – rybí polévka. (Mašátová, 1986; Hanel 2001).

V rešeršní části se soustředuji na popis nejrůznějších faktorů, které ovlivňují růst ryb a ježdíků obzvlášť. V kapitole třetí řeším určování věku ryb, nejvíce pozornosti věnuji určování věku z otolitů.

V první praktické části se zaměřuji na srovnávání CPUE a rychlosti růstu ježdíků obecných, *Gymnocephalus cernuus*, v českých nádržích Římově a zatopeném uhelném dole Ležáky. Porovnávám délky stejně starých jedinců, k tomu je třeba znát věk ježdíků, který jsem vyčetla z otolitů.

V druhé praktické části popisuji dvě metody zviditelnění anulů, které jsem vyzkoušela na 15 otolitech.

Cílem práce je shrnout rešeršní poznatky o růstu ježdíků a porovnat je s daty získanými ze dvou vodních nádrží Mostu a Římově.

2 Ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*; L., 1758)

Ježdíci (obrázek 1) jsou na zádech zbarvení olivově-hnědé až zlato-hnědé, břišní stranu mají nažloutlou (Great Lakes aquatic nonindigenous species information system, [b.r.]; Hanel 2001). Dospělci dosahují celkové délky 15–25 cm (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]). Často se dožívají čtyř až pěti let. Hlavu mají poměrně velkou (Mašátová, 1986) a na rozdíl od okounů bez šupin (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]). Hlava tvoří 1/4–1/3 celkové délky těla. Oči mají také relativně velké (Mašátová, 1986), ústa směřují dolů (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]). Šupiny ježdíků jsou spíše menší, ktenoidního typu. Hřbetní ploutve na sebe navazují, první je tvořena ostnitými paprsky, druhá pouze měkkými (Mašátová, 1986).

Ježdík obecný se řadí do čeledi okounovitých. Přirozeně se vyskytuje v Evropě (kromě západního a severního Norska, Skotska, Irska, Itálie, Španělska, Portugalska, a Balkánu) (Terofal, 1997), a Asii (Kangur a kol., 2003). Nově byl rozšířen (mimo svůj původní areál) do Velkých jezer v Severní Americe, do Bodamského jezera a do jezer v severní Anglii a Skotsku (Rösch a Schmid, 1996). Areál ježdíka je v současnosti velký, ale na mnoha místech je ježdík nepůvodní, což vede na daných místech k poklesu biodiverzity (Lorenzoni a kol., 2009).

Ježdíci žijí v hejnech, ve velkých řekách, jezerech a údolních nádržích (Terofal, 1997), běžní jsou i v ústí řek a pobřežních oblastech, občasně se vyskytují i ve volném moři s nízkou salinitou (do 5 ‰), zde pak vykazují neobvykle rychlý růst (Pratt, 1988). V brakických vodách byl ježdík chycen do 15 km od pobřeží. (Gutsch a Hoffman, 2016). V řekách obývají hlubší místa ve spodnějších, pomaleji tekoucích úsecích (Pratt, 1988; Kováč, 1998). Ve Finsku Winfield a kol. (1998) zaznamenali fakt, že ježdíci neobývají pramenné oblasti, což naznačuje, že nejsou schopni migrovat proti velkému proudu. Při porovnání švédských jezer s vyšším a nižším výskytem ježdíků Winfield a kol. (1998) došli k závěru, že ježdíci preferují jezera severněji položená, mající nižší nadmořskou výšku a větší plochu. Ale Pratt (1988) na základě rešeršní studie tvrdí, že ježdíci, co se týče jezer, jejich plochy či hloubky, žádnou preferenci nemají.

Arranz a kol. (2016) si všimli, že v hlubších jezerech napříč Evropou je větší velikostní diverzita ježdíků.

Ježdík je schopný žít v jezerech s pH pod 5,5, ale bývá zde eliminován okouny, *Perca* sp. a štikami, *Esox* sp., kteří jsou tolerantnější k nižšímu pH. Při porovnání pH finských jezer Winfield a kol. (1998) zjistili, že ježdík obývá 30 % acidifikovaných jezer (pH < 5,5) stejně jako 70 % jezer s pH větším než 6.

Ježdíci jsou citliví k vysoké světelné intenzitě na hladině, a proto vykonávají denní migrace. Ve dne jsou dospělci v hlubších částech jezer a v noci se pak krmí v mělčích částech, což zaznamenali ve Velkých jezerech v Severní Americe (Ogle a kol., 1995; *Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]).

Ježdík se do nepůvodních areálů šíří buď pasivně jako larva vodním proudem nebo aktivně jako dospělec či juvenil při přezimování, kdy vykonává migrace delší než 15 km do hlubších oblastí jezer (potřebná hloubka k přezimování je alespoň 15 m), a do původních třecích vod se pak už obvykle nevrací. K invazi může dojít i činností lidí: lodní dopravou nebo únikem ježdíka jako živé návnady při rybolovu (Gutsch a Hoffman, 2016). Omezit populace ježdíků lze snížením eutrofizace (Lorenzoni a kol., 2009). Bez rybolovu jsou hlavním regulátorem početnosti ježdíků trofické vztahy (Bíró, 2001). V jezerech se početnost ježdíků zvyšuje také proto, že lidé odlovují jeho přirozené predátory a konkurenty (Popova a kol., 1998). Při intenzivním rybolovu se lépe daří rybám, které mají krátký životní cyklus a rychle se množí. Sítěmi s velkými oky, běžně používanými v komerčním rybolovu, se především odloví velké piscivorní ryby, které redukují ježdíky, zatímco ježdíci se vzhledem ke své velikosti do takových sítí nezachytí (Kangur a kol., 2002). Lze uměle zvýšit početnost jeho přirozených predátorů, jako je štika obecná, *Esox lucius*, úhoř říční, *Anguilla anguilla* a candát obecný, *Sander lucioperca*, a tím redukovat jeho populaci (Kangur K. a Kangur A., 1996).

Ježdíci jsou odolní a dobře snášejí znečištění (Terofal, 1997). Vyhovují jim slabě až vysoce produktivní, studené, písčité, dobře prokysličené a zakalené vody, kde využívají orientace pomocí velmi citlivé postranní čáry a tapeta lucidum (Gutsch a Hoffman, 2016). Senzorický orgán ježdíků (postranní čára s neuromasty na hlavě) je běžný u mladých okounovitých ryb, ale u většiny okounovitých ryb, vyjma ježdíků, dojde během dospívání k jeho atrofii (Minnesota Sea Grant, © 1996-2017). Ježdíci se vyhýbají vodám zarostlým rostlinami (Pratt, 1988).

Zakalené vody jsou pro ježdíky výhodné, protože se zde nevyskytují ani jeho přirození predátoři (Štika obecná, *Esox lucius*, Úhoř říční, *Anguilla anguilla*) (Gutsch a Hoffman, 2016), ani konkurenti (Okoun obecný, *Perca fluviatilis*, Cejn velký *Abramis brama*) (Kangur a kol. 2003), kteří se orientují převážně zrakem (Gutsch a Hoffman, 2016). Postranní čára a tapeta lucidum jim také pomáhají se případným predátorům vyhnout (Brown a kol., 1998; Ogle a kol., 1995). Ježdíci jsou navíc neobvykle sliznatí, což jim umožňuje snazší únik (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]). Loví bentos a k tomu nepotřebují vysokou světelnou intenzitu. Citlivostí postranní čáry využívají při shánění potravy v hlubokých, tmavých nebo ledem pokrytých vodách (Gutsch a Hoffman, 2016).

V huminových vodách by se ježdíci zvládli také orientovat, ale bývá tu v hypolimniu nedostatek kyslíku, proto zde tedy nežijí. A častěji se pak vyskytují v průhlednějších vodách v daném povodí (Winfield a kol., 1998).



Obrázek 1 Ježdík obecný, *Gymnocephalus cernuus* (© RNDr. Jíří Peterka, Ph.D.)

3 Určování věku ryb

Znalost individuálního růstu a věkové struktury populace je potřeba k získání kvantitativních dat o celé populaci (Gaisler a Zima, 2007). U hospodářsky významných druhů se věk ryb také určuje k zjištění, v jakém věku ryby pohlavně dospívají, a následně se odlovovaly takové věkové kategorie, aby se populace zvládla obnovit (Medřický, 2017).

K určování věku ryb se dají použít šupiny, kosti, ploutevní paprsky a otolity, protože všechny tvoří roční přírůstky (anuli). Nejpřesnější věk se získává z otolitů, zejména u starších ryb (The Campana lab, [b.r.]). U ryb žijících v oblastech s ostře se střídajícím ročním klimatem, je vcelku snadné určit věk z ročních přírůstků (anulů) šupin a otolitů nebo morfologických změn obratlů a skřelových kostí. Přičemž velikost těla a roční přírůstky jsou v přímém poměru (Gaisler a Zima, 2007).

Otolity (obrázek 2) jsou kamínky, nejedná se o kosti. Jsou mnohem více odolné než kosti, protože během života ryby na ně materiál zvnějšku pouze přibývá a nikdy neubývá. Celý život ryby je pak zaznamenán v otolitech, od vylíhnutí po smrt. Jsou v nich zaznamenány i nejmenší detaily – denní přírůstky, teplota vody, migrační trasy (The Campana lab, [b.r.]).

U některých druhů ryb může ale poškození ušního pouzdra vytvořit kyselé prostředí, které následnou erozí může poškodit (zmenšit) otolit (Stevenson a Campana, 1992). Stejně tak při konzervaci ryb ve formaldehydu také dochází k poškození, zmenšení otolitu (Stevenson a Campana, 1992; Devine a kol., 2000).

Tvar otolitu je druhově charakteristický, proto je možné zjistit z obsahu žaludků rybožravých ptáků, ryb, tuleňů a lachtanů, jaké druhy ryb a jakého věku, konzumují (The Campana lab, [b.r.]). Ale v žaludku nejspíše dojde k narušení tvaru otolitu kyselinou chlorovodíkovou, a pak nebude možné přesně určit druh ani věk zkonzumované ryby.

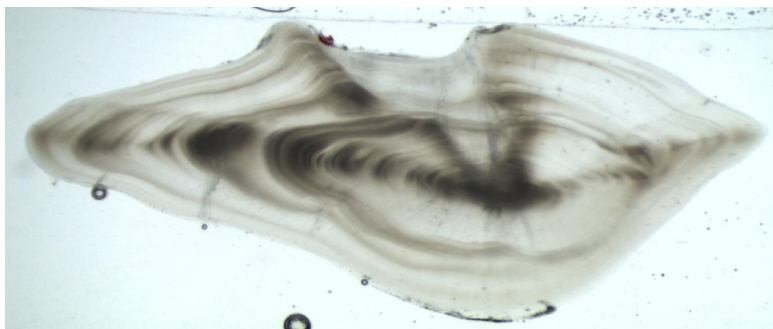


Obrázek 2 Otolit (sagitta) ježdíka obecného (15krát zvětšeno)

Otolity jsou složeny z uhličitanu vápenatého (aragonitu) (Gaisler a Zima, 2007) a proteinu (Algador a Murta, 2002), vznikají vnitřní sekrecí a jsou obaleny hlenovým povlakem (Gaisler a Zima, 2007). Jsou umístěny pod zadní částí mozku, nejsou připojeny k lebce, spíše „plavou“ ve váčcích vnitřního ucha blanitého hlemýždě (The Campana lab, [b.r.]). Slouží k vnímání polohy (Gaisler a Zima, 2007) a pomáhají rybám slyšet. Nemají je žraloci, Selachimorpha, mihule, Petromyzontidae a rejnoci, Batoidea, ale u všech ryb je najdeme. Ryby mají tři páry otolitů, jeden pár velký (sagittae) a dva malé (lapilli a asteriscii). Nejčastěji se k určování věku používá největší pár. Denní přírůstky se nejlépe čtou z nejmenšího páru (lapilli) (The Campana lab, [b.r.]). Denní přírůstky jsou lépe čitelné u mladých ryb, věk takto starých ryb je možné měřit dokonce na dny. Každý denní přírůstek je tvořen zónou proteinu a zónou uhličitanu vápenatého (Wootton, 1998). Otolity můžeme připodobnit kmenům stromů, které jsou také tvořeny ročními přírůstky, kde se střídají tmavé a světlé koncentrické oblasti (anuli) (The Campana lab, [b.r.]). Tmavé oblasti otolitů s circuli blízko u sebe odpovídají pomalému růstu, větší vzdálenosti mezi circuli značí období rychlého růstu (Wootton, 1998). Anuli nejbližší jádra jsou dále od sebe a obsahují mnoho falešných prstenců. Anuli z okrajových oblastí jsou blíže u sebe a mají pravidelné rozestupy. Proto se věk pomocí otolitů lépe určuje u strašáků ryb (The Campana lab, [b.r.]). Tvorba přírůstků je řízena endogenně: cirkadiálním cyklem a exogenně: fotoperiodicitou, teplotou a množstvím potravy (Wootton, 1998).

V období s nedostatkem potravy a během tření se zastaví tvorba otolitů a šupin. Pokud se ryba přizpůsobuje jiné salinitě, než ve které pobývala, spotřebovává energii na osmoregulaci a tudíž neroste, ani otolity a šupiny se nezvětšují. Změna salinity tak působí jako „masking factor“ věku ryb. Podobně také energie spotřebovaná na plavání proti proudu, či udržení v něm, je považována za „masking factor“ věku ryb (Wootton, 1998).

U velmi tenkých otolitů je možné číst věk jen za dostatečného světla. Pokud otolit není dostatečně tenký, je nutné provést příčný řez (obrázek 3). Dále se anuli zviditelňují např. žíháním (The Campana lab, [b.r.]). Další metodou zviditelnění anulů je obarvení proteinové části látkou amido-schwartz (Algador a Murta, 2002).



Obrázek 3 Řez otolitem (sagitta) ježdíka obecného (30krát zvětšeno)

4 Růst organismů

Růst lze charakterizovat jako zvětšování velikosti organismu a přibývání hmoty způsobené činnostmi metabolismu. Děje se tak buď zvyšováním počtu buněk dělením, růstem buněk již přítomných nebo přibýváním mezibuněčné hmoty (Růst, Wikipedia, [2017]). Růst lze rozdělit na aktivní (syntéza bílkovin, tuků a sacharidů) a pasivní (příjem vody, ukládání tuků a minerálních látek a vytváření tělních dutin). Jedná se o nevratný proces. Růst bývá nerovnoměrný, a tak v juvenilním období dochází ke změně tvaru těla. U většiny živočichů (hmyz, Insecta, většina obratlovců, Vertebrata) se růst v dospělosti zastavuje, u jiných (ryby, Osteichthyes, někteří korýši, Crustacea a měkkýši, Mollusca) je otevřený a pokračuje dále (Sládeček, 1986).

4.1 Růst ryb

Růst ryb je neukončený, ale když dosáhnou pohlavní dospělosti, rostou už jen pozvolna. Stejně jako u všech obratlovců i u ryb platí, že malé druhy ryb se dožívají nižšího věku než velké druhy (Gaisler a Zima, 2007). Když ryby přijímají více potravy, než spotřebují k udržování stávající hmoty, přebytek je pak použit na tvorbu nové somatické nebo generativní tkáně. Růst bývá měřen v jednotkách energie (rozdíl příjmu a výdeje), nebo změnou hmotnosti či délky ryby za čas. Hmotnost a délka spolu často korelují podle vztahu: $W = a \cdot L^b$, kde W je hmotnost, L je délka, a , b jsou konstanty. Pokud ryba roste symetricky, pak $b = 3$. Pokud je hodnota b značně menší než 3, pak je ryba příliš lehká na svoji délku, naopak pokud b dosahuje větších hodnot, ryba je těžší, než by při dané délce měla být. Podle hodnoty konstanty b se posuzuje fitness ryb. Je nevýhodné měřit absolutní (hmotností nebo délkový) růst, protože je silně závislý na dosažené velikosti. Vhodnější je používat specifický růst čili růst vztažený na jednotku hmotnosti ryby (Wootton, 1998).

4.2 Fáze života ryb

Ryby procházejí pěti životními fázemi – embryonální, larvální, juvenilní, adultní a smrtí. Embryonální perioda ryb nekončí vykulením (narozením) jako u většiny živočichů. Po vykulení je jedinec stále embryem, které se živí pouze látkami ze žloutkového vaku, a ani neumí plavat (nemá naplněný plynový měchýř). Embrya se proto často zavěšují k podkladu nebo se zahrabávají do písku. Doba embryonálního vývoje je u různých druhů ryb velmi odlišná a není moc dobře známá. Závisí na teplotě: čím je voda teplejší, tím je doba inkubace kratší. První fáze života ryby končí polknutím vzduchové bublinky na hladině, vzduch naplní vychlípeninu

střeva a ryba již může plavat a aktivně žrát. Ryba v larválním stádiu, čili plůdek, má mnoho dočasných orgánů, nemá páteř a ani samostatné ploutve a téměř vůbec se nepodobá dospělci. Doba trvání tohoto stádia opět závisí na druhu ryby a teplotě vody. Konec nastává po vymizení všech dočasných orgánů. Juvenilové se již podobají dospělci. Jediná odlišnost je v pohlavní soustavě, ještě nejsou dotvořeny gonády. Adultní fáze začíná pohlavním dospěním. Této fáze a přirozené smrti se však mnoho lovených ryb nedožívá (Sýkora, 2017).

4.3 Voda – faktor růstu ryb

Zdraví a růst ryb ovlivňuje kvalita vody. Vlastnosti vody působící na ryby lze rozdělit do dvou skupin: fyzikální a chemické / biochemické nebo jejich kombinace. Mezi fyzikální patří teplota vody, koncentrace rozpuštěných a sedimentujících pevných látek. Do chemickým řadíme pH, tvrdost vody, přítomnost a formu kovů (hliník, vápník, železo, mangan hořčík a jiné) (Viadero, 2005).

Jelikož jsou ryby studenokrevní živočichové (mají přibližně teplotu svého okolí), teplota vody tedy patří mezi velmi důležité faktory ovlivňující jejich růst. Ryby přežívají v určitém rozsahu teplot. Uprostřed této škály se nachází teplotní optimum, při kterém rostou (Viadero, 2005). Pokud má ryba dostatek či nadbytek potravy, potom se zvyšující se teplotou roste rychlost růstu až k dosažení maximální optimální teploty. Pokud má ryba nedostatek potravy, rychlost růstu klesá se zvyšující se teplotou (Wootton, 1998), protože energii získanou z potravy ryba spotřebuje na vyrovnání teploty s okolím, a žádná energie jí nezbyde na růst. Takto teplota u ektotermních organismů ovlivňuje velikostní složení populace (Arranz a kol., 2016).

Další vlastností vody, mající vliv na růst ryb, je rozpustnost kyslíku a amoniaku (NH_3), která závisí na teplotě. Obecně se rozpustnost plynů zvyšuje s klesající teplotou. Optimální je pro ryby téměř 100% nasycení kyslíkem (Viadero, 2005). Žábry ryb rostou pomaleji než tělo, poměr mezi plochou žaber a hmotností těla klesá, jak ryba roste, což vede ke snížení příjmu kyslíku a následně k redukci anabolismu, tvorby tkáně (Wootton, 1998). Umělé či přirozené provzdušňování a míchání vod pomáhá vytěkání toxických plynů jako je NH_3 . NH_3 mění strukturu žaber, což může mít za následek smrt z nedostatku kyslíku. Na zvýšené množství NH_3 ryby reagují změnou v dýchání a v kardiovaskulárním systému, aby stále měly dostatečný příjem kyslíku. Při zvýšené salinitě a přítomnosti dvojmocných iontů dochází ke změně osmoregulačního systému a snížení membránové propustnosti, ryby pak přijímají méně NH_3 (Viadero, 2005).

Pro existenci vodní flóry a fauny je nutné pH v rozmezí 6–9, ale různé druhy ryb mají různou toleranci k pH. Při zvyšujícím se pH roste ve vodě množství toxické nedisociované formy amoniaku. Při klesajícím pH přibývá toxických kationtů hliníku (Viadero, 2005).

Přítomnost uhličitanů ve vodách je také důležitým faktorem růstu ryb, fungují jako pufry při náhlých změnách pH. V přírodních vodách je hlavním pufrem CaCO_3 , jehož množství přímo souvisí s tvrdostí vody. Zvýšená vodní tvrdost snižuje toxicitu některých kovů, jako je měď, hliník a zinek, tvorbou anorganokovových komplexů, které jsou méně dostupné rybám než volné ionty kovů. Podle některých studií má nadbytek CaCO_3 ($> 400 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) pozitivní vliv na zdraví ryb.

Mezi kovy mající vliv na fitness ryb patří měď, zinek, cín, kadmium, rtuť, chrom, olovo, nikl, arsen, hliník a železo. V nedostatečně okysličených vodách rybám škodí vysrážený $\text{Fe}(\text{OH})_2$, který jim ucpává žábry (Viadero, 2005).

Pevné látky se ve vodě vyskytují buď jako rozpuštěné nebo sedimentující. Když je ve vodě přítomno mnoho rozpuštěných látek, může docházet k dráždění rybích žaber, což může způsobovat dýchací potíže. Při zvýšené turbiditě (přítomnosti nerozpustných látek) dochází k omezení fotosyntézy, v důsledku čehož se tvoří méně biomasy, která je potravou herbivorních ryb. Při sedimentaci látek dochází k udušení jiker na dně a zabití bentických bezobratlých organismů, které jsou potravou hmyzožravých ryb. Když voda obsahuje hodně organické hmoty, může dojít k deficitu kyslíku pro ryby. Ukládající se organická hmota na žábry ryb tvoří vhodné místo pro rozvoj infekcí (Viadero, 2005).

5 Růst ježdíka obecného

Porovnáním zjištěných hmotností a délek ježdíků z celého areálu výskytu (původního i nepůvodního) bylo zjištěno, že růst ježdíků je isometrický (Ogle a Winfield, 2009).

5.1 První rok života ježdíků – intenzivní růst

Ježdíci v prvním roce života mají rychlejší růst než většina jejich konkurentů (Minnesota Sea Grant, © 1996-2017), což jim umožňuje úspěšnou invazi. Růstová účinnost prudce klesá s velikostí a věkem ježdíků, mladí a malí jedinci mají účinnější růst (Tarvainen a kol., 2008). Také v severním Polsku (původní areál) v ústí Odry, jezeře Dąbie a laguně u Štětína Neja (1989) zaznamenal nejrychlejší růst v prvním roce života v porovnání s následujícími lety. Podle Pratta (1988) se v řece Saint Louis a v jezeře Superior (USA, nepůvodní areál) růst ježdíků po dvou letech značně zpomaluje, stejně jako v řece Nadym v Rusku. Také Kangur K. a kol. (2000) zjistili, že v estonském jezeře Piepsi (původní areál) se menší ježdíci krmí intenzivněji, i když absolutní hmotnost přijaté potravy roste s délkou ryby. Všechny tyto prameny se tedy shodují, že účinnost růstu klesá s věkem a s velikostí ježdíků. Bakanov (1987) naopak ve svých studiích (Rusko, původní areál, 20 jezer a 9 vodních nádrží) dokládá, že není významná korelace mezi velikostí ježdíků a jejich růstovou rychlostí.

5.2 Vliv predace na ježdíky

Jelikož jsou ježdíci aktivní za soumraku či v noci, jsou pak spíše loveny predátory aktivními v této denní době, v Severní Americe např. candátem severoamerický, *Sander vitreus*, než těmi, kteří loví za lepších světelných podmínek, jako např. štika obecná, *Esox lucius*, okounek černý, *Micropterus dolomieu*, crappie černá, *Pomoxis nigromaculatus* a okoun žlutý, *Perca flavescens*.

Z laboratorních experimentů vychází, že většina predátorů ježdíků loví malé jedince. Díky ostnům vypadají ježdíci větší, než ve skutečnosti jsou a ostny také mohou propíchnout hrdlo nebo žaludek predátorů. Jediná štika obecná, *Esox lucius*, není ostny ježdíků natolik odrazena a loví spíše větší kusy. Stejný experiment dokázal, že množství pozřených ježdíků bylo nižší než množství jiných pozřených, mnohem méně početných druhů kořistí. (Ogle a kol., 1996).

5.3 Kompetiční vztahy ježdíků

Obecně s rostoucí populační hustotou klesá průměrná velikost jedinců daného druhu, protože dochází k překročení únosné kapacity prostředí. I u ježdíků se potvrzuje negativní korelace mezi populační hustotou, velikostí jedinců a vnitrodruhovou konkurencí. (Arranz a kol., 2016). Kangur a kol. (2003) při studiu růstu ježdíků ve dvou jezerech v Estonsku zjistili, že vyšší délkový exponent $b = 1,85$; $b = 1,7$ mají ježdíci tam, kde byl naměřen menší poměr bentivorních ryb: ježdíků, úhořů říčních, *Anguilla Anguilla*, cejnů velkých, *Abramis brama*, tedy menší kompetice. A zároveň změřili i větší množství dostupného makrozoobentosu – potravy pro ježdíky (Kangur a kol., 2003).

V některých jezerech má ježdík negativní vliv na rybolov. A to třeba tam, kde konkuruje úhořovi říčnímu, *Anguilla anguilla* (jezero Võrtjärv v Estonsku) (Kangur a kol., 1999). Nebo např. v jezeře Pidiluco (Itálie, nepůvodní areál) okoun říční, *Perca fluviatilis*, trpí kvůli expanzi ježdíků (Lorenzoni a kol., 2009). Na rozdíl od okounů, díky smyslovým orgánům populace ježdíků roste s klesajícím množstvím pronikajícího světla a s rostoucí produkcí vod (Bergman, 1991). Ježdík má ve srovnání s okounem výhodu také v tom, že se mnohem více živí v noci, což okoun ve dne nevykompenzuje (Schleuter a Eckmann 2006). Ježdík je na rozdíl od okouna tolerantní k velmi nízkým teplotám, proto u něj dochází k minimálnímu snížení lovných schopností ve studené vodě (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]). Kangur a kol. (1999) zjistili, že v jezeře Võrtjärv v Estonsku ježdíci přijímají potravu během pozdního podzimu a zimy, tedy při nižší intenzitě světla a nižších teplotách (až při 0,2 °C). Další důkaz, že se ježdíci krmí i během zimy, a dokonce nabývají na hmotnosti, poskytl Eckmann (2004). Podle něj přes zimu vzroste obsah tuku, celková hmotnost i hmotnost sušiny. Hmotnost sušiny roste od listopadu do ledna, poté je konstantní. Přitom celkové hmotnosti ježdíci nabývají během celé zimy. Díky těmto ziskům mají dostatek energie pro jarní tření a somatický růst (Eckman, 2004). Potravní překryv mezi okounem říčním a ježdíkem (oba konzumují bentické makrobezobratlé) je vysoký a nejvyšší mezi rybami jeden rok starými (Lorenzoni a kol., 2007). Specifický růst ježdíka stoupá ve vztahu k době, kdy mu byla podána potrava: ve dne, v noci a ve dne a jenom v noci (vždy stejná celková dávka). Přitom nejpomaleji rostl při podání potravy pouze ve dne, nejrychleji pak při nočním krmení. Když byl ježdík v experimentálních podmínkách s okounem, spotřeboval i dávku pro okouna. Pokud ježdíkovi konkurovali okouni (obecně ryby lovící pomocí vizuálních orgánů) místo jiných ježdíků (lovící pomocí postranní čáry), ježdík pak měl vyšší růstovou rychlost, protože vizuálně lovící ryby potravu v noci téměř neshánějí. Ježdík od zdroje potravy odháněl okouny a jiné ježdíky stejnou měrou (Schleuter a Eckmann 2006).

V původních oblastech výskytu (Finsko) může ježdík koexistovat s okounem, pokud jsou přítomny tyto typy habitatů: litorál a epilimnium pro okouna, profundal a hypolimnium pro ježdíka (Winfield a kol., 1998).

Gunderson a kol. (1998) v rešeršní studii tvrdí, že invazí ježdíka do nového areálu nepoklesla biomasa jiných druhů ryb, při současném nárůstu biomasy ježdíků. To znamená, že ježdík po invazi začal obývat původně prázdnou niku (Gunderson a kol., 1998), což je v rozporu s tím, co výše uvádí Lorenzoni a kol. (2009) o vztazích ježdíků a okounů v jezeře Pidiluco.

Kanalizací spodního Labe, zúžením koryta a zvýšením rozdílu hladin vody při přílivu a odlivu, se zvýšila rychlost proudění – větší zákal, což zvýhodňuje ježdíky a stresuje jiné druhy ryb (Möller, 1993).

5.4 Vliv teploty na růst a pohlavní dospění ježdíků

S rostoucí maximální měsíční průměrnou teplotou vody u jezer napříč Evropou klesá průměrná hmotnost ježdíků (Arranz a kol., 2016). V jezeře Most v České republice chytili větší jedince v hloubce 9–18 m (nižší teplota) než v hloubce 6–9 m (Eloranta a kol., 2017, v tisku). Rychlejší růst ježdíků byl zaznamenán v jižních oblastech (Volta a kol., 2013). Severně žijící jedinci se dožívají vyššího věku, jsou menší v dospělosti (méně plodní). Jikry se v severním klimatu líhnou delší dobu a jsou tím pádem i potenciální kořisti delší dobu (Gutsch a Hoffman, 2016). Věk pohlavního dospívání kolísá v rozmezí 1–4let. Severněji žijící jedinci dospívají ve vyšším věku (Volta a kol., 2013). V řece Nadym (Rusko, původní areál) ježdíci pohlavně dospívají druhým rokem, ale převážně třetím nebo čtvrtým rokem života (Pratt, 1988). Studie z Finska dokazuje, že žádný ježdík tam pohlavně nedospěl za jeden rok, ale vždy po delší době (Lappalainen a Kjellman, 1998). Ve Finském jezeře Pyhäjärvi se ježdíci poprvé třou až po dvou letech života (Tarvainenn a kol., 2008). V severním Polsku někteří jedinci dospějí během prvního roku života a první jaro se již třou (Neja, 1988). V Bodamském jezeře (nepůvodní areál) ježdíci také dospívají prvním nebo druhým rokem života (Rösch a Schmid, 1996). V jezeře Bassenthwaite (Velká Británie, nepůvodní areál) obě pohlaví opět dospívají ve věku jednoho nebo dvou let (Winfield a kol., 1998). V bočním systému Dunaje Baka se část populace třou první rok života, ostatní druhým rokem života (Kováč, 1998). V jezeře Pediluco (Itálie, nepůvodní areál) obě pohlaví dospívají na konci prvního roku života (Lorenzoni a kol., 2009). 100 % samců v jezeře Superior a řece Saint Louis dospívá za jeden rok, samic prvním rokem dospívá 98 % (Pratt, 1988).

Když je populační hustota ježdíků nízká (malá kompetice o potravní zdroje), ježdíci sexuálně dospějí, aniž by zastavili somatický růst. Pokud je hustota populace vysoká, ježdíci sexuálně

dospějí na úkor (zastavení) somatického růstu. V prvním případě jsou pak dospělí jedinci větší než v případě druhém. Pokud je malá kompetice o potravní zdroje, ryby spíše dospějí v nižším věku (jako menší), proto pak nedospělí jedinci jsou jen ti nejmenší, nejkratší dobu žijící. Při vysoké kompetici o potravu ryby dají přednost dospění v pozdějším věku (jako větší), tudíž nedospělí jedinci jsou větší, než při nízké kompetici (Devine a kol., 2000).

5.5 Vliv trofie vod na růst ježdíků

Ježdíci jsou schopni ustanovit životaschopnou populaci v oligotrofním i eutrofním jezeře (Volta a kol., 2013). Pět let staří ježdíci měli v oligotrofním jezeře délku 10 cm v eutrofním délku 15 cm. Vyšší růst je pak v mírně eutrofních jezerech, pokud eutrofní podmínky nezpůsobí velmi nízké koncentrace kyslíku v hypolimniu (Winfield a kol., 1998).

Početnost ježdíků se zvyšuje s rostoucí, lidmi způsobenou, eutrofizací (Bergman, 1991). Kanalizací spodního Labe, zúžením koryta dochází k větší rychlosti proudění a potrava se dostává do celého vodního sloupce, tedy i ke dnu, kde pobývají ježdíci. Stejně staří jedinci jsou tak dnes v ústí Labe delší než byli před 90 lety. Na tomto místě ježdíci dobře rostou také proto, že je zde hodně potravních zdrojů (dnes větší splach z povodí). Ježdík roste dobře v zakalených ústí řek, kde mořské a sladkovodní druhy ryb umírají, protože se nedokáží vypořádat s osmotickými změnami (Hölker a Hammer, 1994). Brakická voda v laguně u Štětína umožňuje ježdíkům rychlejší růst než sladká voda, protože brakická voda obsahuje více dostupné potravy (Neja, 1989).

Pokud bude docházet k re-oligotrofizaci (menší produkce vody – méně potravy) jezera, pak se populace ježdíků bude nejspíše zmenšovat (Eckmann, 2004).

Ze studie Bakanova a kol. (1987) o rozdílech populací ve 20 jezerech a 9 umělých nádržích (Rusko, původní areál) vyplývá, že v jezerech se délka stejně starých ježdíků liší 2–3krát, zatímco v umělých nádržích jen 1,5krát. Nejspíše proto, že v jezerech naměřili mnohem větší rozpětí v množství dnové biomasy ($0,7\text{--}28 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) než v nádržích ($1\text{--}5,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). V jezerech s minimem dnové biomasy (severněji položená) byla zjištěna nejmenší růstová rychlost, nejvyšší růstová rychlost byla změřena v jezerech obsahujících velké množství dnové biomasy. Významná korelace mezi množstvím dnové biomasy a velikostí ježdíků nebyla potvrzena.

Bakanov a kol. (1987) studovali, jak množství dnové biomasy (množství potravy) ovlivňuje růstovou rychlost ježdíků obecných ve vodní nádrži Rybinsk v Rusku. Zaznamenali, že ačkoliv došlo k výraznému nárůstu biomasy, růstová rychlost ježdíků se snížila, hlavně u ryb starších tří let. Pravděpodobně z důvodu vykácení zaplavovaných lesů, které sloužili jako úkryt a zdroj snadno dostupné potravy.

5.6 Rozdíly mezi pohlavími

Podle několika studií dospívají samci ježdíků dříve než samice (Popova kol., 1998; Lorenzoni a kol., 2009; Devine a kol 2000)

V ústí Labe byla obě pohlaví na svůj věk těžká (délkový exponen $b > 3$ – daří se jim tam dobře), samice byly těžší než samci stejné délky. Samice zde tedy rostou lépe (Hölker a Hammer, 1994). V jezeře Pideiluco (Itálie, nepůvodní areál) samci ježdíků také rostou pomaleji než samice (Lorenzoni a kol., 2009). V severním Polsku byly v jezeře Dąbie zaznamenány statisticky významné rozdíly v rychlosti růstu obou pohlaví, ale v laguně u Štětína a ústí Odry byly rychlosti růstu obou pohlaví srovnatelné (Neja, 1989). V řece Saint Louis a v jezeře Superior (USA, nepůvodní areál) samice rostou trochu rychleji než samci, stejně tak v řece Nadym (Rusko), kde se samice dožívají 8–11 let, samci maximálně 7 let (Pratt, 1988). V bočním systému Dunaje Baka samice ježdíků dospívají ve standardní délce 57–90 mm, zatímco samci jen v délce 32–80 mm (Kováč. 1998).

V ústí Labe u 0+ ježdíků byl poměr samců a samic téměř 1:1, ale ve skupině 16,5–20 cm (celkové délky) převládali samci (5,4 samců na jednu samici), ve skupině 20,5–22,5 cm převládaly samice (2,3 samice na jednoho samce) a ježdíci větší než 23 cm byly pouze samice (Hölker a Hammer, 1994). V severním Polsku v jezeře Dąbie byla v roce 1985 většina ježdíků samice (na jednoho samce 3,23 samic) a v roce 1986 připadalo na jednoho samce 1,6 samic. Pouze ve velikostní skupině 6–6,9 cm převládali samci. Poměr samic se od délky 6,9 cm zvyšoval až ke 100% zastoupení samic u délkové skupiny 14 cm a vyšší (Neja, 1988).

V bočním systému Dunaje Baka mají samci maximální krmicí aktivitu v létě a minimum na podzim, na jaře je také nízká. Samice mají maximum na podzim a minimum na jaře (Kováč, 1998). V Estonsku v jezeře Piepsi nepozorovali žádné významné rozdíly v množství příjmu potravy mezi pohlavími. Samci sice přijímali méně, ale byli menší, tudíž na jednotku hmotnosti těla přijímali zhruba stejné procento své hmotnosti: 0,85 % samci, 0,89 % samice (Kangur K. a kol., 2000).

5.7 Rozmnožování ježdíků

Ježdík je považován za r-stratéga, pohlavní dospělost v nízkém věku a vysoká plodnost jsou pro něj charakteristické (Lappalainen a Kjellman, 1998). Populace ježdíků může mít prodloužené reprodukční období, a to díky časově odlišnému vývoji vaječnic u různě starých samic (Brown a kol., 1998). V bočním systému Dunaje Baka byly zjištěny tři várky jiker v samicích, v jedné samici dokonce čtyři várky (Kováč, 1998). V jezeře Dąbie v severním Polsku tři různé velikosti jiker v samicích naznačují částečné a tedy prodloužené (tříkrát) tření

během jedné sezóny (Neja, 1988). V USA (nepůvodní areál) v řece Saint Louis a jezeře Superior se ježdíci pravidelně třou dvakrát za rok (Pratt, 1988).

K tření ježdíci potřebují teplotu 5–18 °C. Tření probíhá v mělkých, maximálně 5 m hlubokých vodách (Gutsch a Hoffman, 2016). U ježdíků v Severní Americe byl pozorován pokles gonadosomatického indexu GSI ($GSI = m_g/m_c$; kde m_g je hmotnost gonád a m_c je hmotnost ryby) s rostoucí jarní teplotou, kdy tedy dochází k tření (Brown a kol., 1993). V polském jezeře Dąbie začíná tření ježdíků na začátku května a netrvá déle než do brzkého června (Neja, 1988). Ve Finsku v jezeře Pyhäjärvi začíná tření až začátkem června. Časový posun je zapříčiněn nedostatečnou teplotou (Tarvainen a kol., 2008). V USA (nepůvodní areál) v řece Saint Louis a jezeře Superior se ježdíci třou od konce dubna do začátku června (Pratt, 1988). V bočním systému Dunaje Baka se tření objevuje od poloviny dubna do poloviny června (Kováč, 1998). V experimentálních podmínkách zaznamenali značně nižší úspěšnost líhnutí při 6 °C než při teplotách 11–21 °C (v rozmezí těchto teplot už nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl v úspěšnosti líhnutí). Pro vylíhnutí v teplotách 11–21 °C bylo potřeba průměrně 59 denních stupňů, k dosažení plavoucího stádia 132 denních stupňů (Fairchild a McCormick, 1996).

Absolutní plodnost (počet jiker na jednu samici) roste s hmotností samic, s jejich délkou, věkem i hmotností vaječníků (Devine a kol., 2000). Kdežto relativní plodnost (počet jiker na jeden gram hmotnosti samice) se zdá být konstantní, na hmotnosti, délce či věku nezávislá. V severním Polsku v jezeře Dąbie se GSI v závislosti na délce jedinců neměnilo (Neja, 1988). Absolutní plodnost samic v bočním systému Dunaje Baka vysoce korelovala se standardní délkou a hmotností samic (Kováč, 1998).

Ježdík se může křížit s *Perca fluviatilis* a *Gymnocephalus baloni*, hybridy jsou pak méně aktivní, rostou rychleji a jsou odolnější k nedostatku potravy, znečištění a změnám teploty (*Gymnocephalus cernuus* – Ruffe, [b.r.]).

5.8 Úmrtnost při přezimování

Obecně platí, že větší jedinci ryb přežijí zimu s větší pravděpodobností (Wootton, 1998). V Bodamském jezeře nebyla zjištěna velikostně selektivní mortalita ježdíků během zimy. Minimální délka ježdíků se přes zimu nezvětšila, malé ryby nebyly (Eckmann, 2004). Ale v jezeře Piediluco (Itálie, nepůvodní areál) byla zaznamenána významně větší mortalita samic a menších jedinců přes zimu (Lorenzoni a kol., 2009).

5.9 Potrava

Růst ryb velmi závisí na dostupnosti kvalitní potravy. Ryby požívající masitou potravu rostou rychleji než ty krmící se rostlinami (Kangur K. a kol., 2000). V nepůvodním areálu ježdíka (Severní Amerika, Velká jezera) mají jezdíci širší potravní bázi bentických organismů než v jejich původních areálech v Evropě (Ogle a kol., 1995).

V Estonsku v jezeře Piepsi bylo množství potravy v žaludku ježdíků v průměru 0,95 % hmotnosti těla, maximálně až 6,8 % (Kangur K. a kol., 2000). V laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že maximální potravní spotřeba ježdíků roste s teplotou, nejnižší byla zjištěna při 12 až 14 °C, nejvyšší při 18 až 22 °C. Specifická spotřeba kyslíku také rostla se zvyšující se teplotou, nejnižší v 5 °C, nejvyšší v 18 °C (Tarvainen a kol., 2008).

V zatopených hnědouhelných dolech v České republice (Most a Milada) Eloranta a kol. (2017, v tisku) popsali dvě oddělené skupiny ježdíků. Jedna skupina spoléhá na zdroj uhlíku z litorálu, druhá z profundálu (kde při anoxických podmínkách metanotrofní bakterie tvoří organickou hmotu z metanu). Tyto skupiny se nemíchají. V profundálu má ježdík menší mezidruhovou konkurenci i predaci (dopadá sem málo světla a je tu chladno – to ježdík zvládá dobře, ostatní druhy hůře), díky nižší teplotě má vyšší relativní somatický růst, ale obecně je tu méně potravních zdrojů. V litorálu může teplota přesáhnout růstové teplotní optimum ježdíka a je zde větší kompetice i predace. (Eloranta a kol., 2017, v tisku)

Ježdík se živí bentosem – červi, perloočkami (Cladocera), larvami hmyzu, drobnými měkkýši (Mollusca) a rybím potěrem (Terofal, 1997). V jezeře Võrtjärv v Estonsku byla u ježdíků zaznamenána mnohem větší pestrost potravy, mimo bezobratlé také jedli jikry, detrit a úlomky vegetace a řas (Kangur a kol., 1999). V Estonském jezeře Piepsi tvoří u všech velikostních skupin ježdíků hlavní složku potravy larvy a kukly pakomárovitých, Chironomidae, což není překvapující, protože Chironomidae jsou zde dominujícím makrozoobentosem (Kangur K. a kol., 2000). Ježdík raději konzumuje nesklerotizované bezobratlé (*Chironomus*, *Chaoborus*, *Baetis*) než organismy s ochrannými strukturami (Fullerton a kol., 1998). Ale v Estonsku v jezeře Piepsi Kangur K. a kol. (1999) našli v žaludcích ježdíků malé mlže, *Bivalvia* a chrostíky, Trichoptera. Možná proto, že zde byli snadno dostupnou potravou. Byla by potřeba důkladnější studie o početnosti a rozmanitosti organismů, které zde tvoří potravu ježdíků.

Stejně jako jiní živočichové si i jezdíci vybírají větší kořist, pokud je k dispozici (Mattila, 1992). Pokud v potravě ježdíků převládají larvy Chironomidae a dnoví korýši (Amphipoda, Isopoda), dochází k rychlejšímu růstu, než když převážnou část potravy tvoří zooplanktonní korýši (Popova a kol., 1998). V zatopených hnědouhelných dolech Milada a Most v České

republiky jsou ježdíci z dlouhodobého hlediska bentivorní, pelagický plankton tvoří minimální část potravy (Eloranta a kol., 2017, v tisku). Ve střední Itálii v hypertrofickém jezeře Pidiluco tvoří převážnou část potravy larvy a kukly Chironominae a Gammaridae (Lorenzoni a kol., 2007). V severní Itálii jsou Chironomidae hlavní složkou potravy po celý rok, kdežto zooplankton je požíván více v létě než v zimě, a to hlavně juvenilně (Volta a kol., 2013).

Jikry ryb, které se třou na podzim nebo v zimě, jsou uloženy v hlubších částech vod po dobu zhruba 6–7 měsíců. Ježdík se přesouvá do těchto míst, aby zde přezimoval a jikry se tak stávají součástí jeho potravy. V Severní Americe ve Velkých jezerech jsou jikry síhů, *Coregonus* spp. v zimě požívány ježdíkem, tvoří zhruba 34–48 % hmotnosti zimní potravy ježdíků. Množství jiker v žaludku ježdíků roste s jejich délkou, žádné jikry (u některých menších jedinců) –270 jiker (Selgeby, 1998). Podle Ogle a kol. (1995) v Severní Americe ve Velkých jezerech jen 6 % chycených ježdíků v květnu až červnu mělo v žaludku jikry, 4 % v dubnu, ale vždy byly nalezeny méně než 4 jikry v jednom žaludku. Nenašli zde důkaz významné predace ježdíka na jikrách, ale data pochází z jara, kdy se síh netře.

V Bodamském jezeře (nepůvodní areál) v letech 1993 a 1994 během prosince (kdy se tře síh), tvořily hlavní potravu ježdíků právě jikry síhů (Rösch a Schmid, 1996). V estonském jezeře Pipsi byly jikry nalezeny v žaludku jenom u 10 % ježdíků. Největší intenzita predace na jikrách korusky evropské, *Osmerus eperlanus*, byla zaznamenána na jaře, kdy se korusky třou. V zimě ježdíci požívali jikry síhů, ale jen ve velmi malém množství (Kangur K. a kol., 2000). Také podle Kováče (1998) koexistence ježdíků a síhů ve střední Evropě nevykazuje významné problémy v původních areálech ježdíka. Nejspíše proto, že v původních areálech mají ježdíci nižší populační hustotu než v areálech nepůvodních.

5.9.1 Potravní změna

Podle E. Bergman (1991) se jen největší jedinci začínou živit piscivorií. V ústí Labe ježdíci začínají požívat ryby po dosažení délky 17,5 cm, nejspíše kvůli energetické výhodě a následně lepšímu růstu (ježdík zde často konzumuje korusku evropskou, *Osmerus eperlanus*) (Hölker a Hammer, 1994). Ale v estonském jezeře Pipsi Kangur K. a kol. (2000) nenašli v žaludcích ježdíků žádné ryby, nejspíše proto, že ostatních druhů potravy byl zde dostatek a také proto, že zde tak dobře neroste, jako v brakických vodách ústí řek.

Ve Velkých jezerech v Severní Americe u ježdíků během ontogeneze nezaznamenali posun od planktivorie k bentivorii nebo piscivorii. Nebyl změřen statisticky významný rozdíl mezi dospělými a jeden rok starými ježdíky v množství izotopů ^{13}C a ^{13}N ve svalové tkáni. Hodnoty ^{13}C a ^{13}N byly mezi bentivorií a planktivorií (Sierszen a kol. 1996). Ale podle Ogle a kol.

(1995) ve Velkých jezerech ježdík prodělává významnou potravní změnu z mikrokoryšů na makrozoobentos po dosažení délky 12 cm. Ježdíci se během svého prvního léta krmí převážně mikrokoryši, během prvního podzimu jsou stále více zastoupeny v potravě ježdíka larvy Chironomidae a jepic, Ephemeroptera. Dospělí ježdíci se krmí převážně na *Chironomus plumosus*, *Phylocentropus placidus* a *Hexagenia* spp., kteří všichni vytvářejí proudy ve vodě svým pohybem a dýcháním (Ogle a kol., 1995). Studie je těžké porovnat, protože nevíme, jaká je zde délka ježdíků po jednom roce života.

V estonském jezeře Piepsi se ježdíci krmí na bentosu i planktonu. V jezeře Võrtjärv (Estonsko) se ježdíci do dosažení délky 4,5 cm (standardní délka) živí zooplanktonem, po dosažení této velikosti pak s rostoucí velikostí jedinců roste zastoupení bentosu v potravě, a to především IV. instaru larev *Chironomus plumosus*, také se ale krmí II. a III. instary larev *Chironomus plumosus* a menšími Chironomidae, jako je *Einfeldia carbonaria*, *Microchironomus teer* a *Procladius* spp. Pokud v jezeře poklesne biomasa IV. instaru larev *Chironomus plumosus*, poklesne i jejich zastoupení v potravě ježdíků. Nemají problém přejít na jinou početnější kořist (Kangur K. a kol., 2000). Tarvainen a kol. (2008) se domnívají, že ježdíci se ve finském jezeře Pyhäjärvi do konce jejich prvního srpna živí převážně na mikrokoryších, do konce září se potrava postupně vyrovnává potravě dospělých. Potravu dospělých z více než 81 % tvoří Chironomidae. U starších jedinců nebyla zaznamenána významná potravní změna v závislosti na růstu (Tarvainen a kol., 2008). Rostoucí zastoupení bentosu v potravě ježdíků se zvětšováním jejich délky zaznamenali také v severní Itálii (Volta a kol., 2013).

V České republice v zatopených uhelných dolech (Mílada a Most) Eloranta a kol. (2017, v tisku) zjistili u ježdíků nejvyšší hodnoty izotopu ^{15}N v porovnání s jinými druhy ryb, což znamená nejvyšší trofické postavení. Buď je to dáno požíváním jiker nebo pakomárovitých, Chironomidae, kteří mají vysokou hodnotou ^{15}N .

5.9.2 Substrát – vliv na lov

Také typ dna ovlivňuje intenzitu příjmu potravy ježdíků. Potravní spotřeba ježdíků byla dvakrát vyšší, když byl substrátem písek nebo bahno než když byly substrátem dlažební kostky, kořist se nejspíše schovala do mezer mezi kostkami, kam k nim ježdík neměl přístup (Fullerton a kol., 1998). Pokud je ve vodním tělese složitější struktura (hnojící / živé rostliny, kameny), bezobratlá potrava ježdíků se schová, klesne její úmrtnost, protože jí ježdíci méně zkonzumují (Mattila, 1992). Ve Velkých jezerech (USA, nepůvodní areál) přítomnost přemnožené slávičky mírní dopady invaze ježdíků, protože tvoří substrát, na kterém se ježdíkům špatně loví (Gunderson a kol., 1998).

6 Populace ježdíků

Devine a kol. (2000) popsali trend růstu a poklesu populace ježdíků během 14 let po invazi do nového habitatu. Po osmi letech dosáhl počet jedinců svého maxima (11krát více než po dvou letech), poté následoval pokles a stabilizace menšího počtu jedinců (6krát více než po dvou letech). Také Popova a kol. (1998) popisují desetileté zrychlení růstu populace ježdíků po výstavbě přehrad (v porovnání s předchozí populací ježdíků v řece) a následný pokles rychlosti růstu populace, nakonec po 20 letech se populace ustálila. Vyšší růstová rychlost populace ježdíků byla zaznamenána u nověji ustanovené populace v jednom jezeře (Itálie, nepůvodní areál). Naopak nižší růstová rychlost populace byla dokázána u ježdíků přítomných v jiném jezeře již delší dobu. Také byla změřena větší průměrná hmotnost gonád a vyšší relativní hmotnost v nověji obývaném jezeře (Volta a kol., 2013).

7 Praktická část – růst a věk

7.1 Úvod

V praktické části se zaměřuji na rychlost růstu a určování věku ježdíků obecných, *Gymnocephallus cernuus*, v českých nádržích Římově a zatopeném uhelném dole Ležáky, který je dnes jezerem Most. Jedná se o vodní tělesa mírných zeměpisných šířek. Jezera se liší v mnoha parametrech (tabulka 1).

V této kapitole porovnávám početnost ježdíků v různých hloubkách (jako CPUE), délky stejně starých ježdíků a fitness ježdíků ze zmíněných nádrží.

7.2 Metodika

Odchycení ježdíků probíhalo v srpnu 2016 v nádrži Římově a v září 2015 v Mostě. Ježdíci byli odchyceni tenatními sítěmi v souladu s platnou metodikou. Po vyproštění ryb z tenat, byli ježdíci usmrceni a pak zváženi a byla změřena jejich standardní délka. Dále se jim odebral největší pár otolitů pro určení věku metodou řezu zespodu, kdy se nůžkami odklopí žábry a následně se nastříhne a rozlomí lebka a pinzetou se otolity vyberou, očistí a vloží do papírového pytlíku k archivaci. U větších jedinců se určovalo pohlaví. V laboratoři se otolity mladších ryb nijak neupravovaly a čtení anulů probíhalo přímo. Otolity straších ryb byly zality pryskyřicí (Crystalbond 509 clear) do trvalých vzorků a následně byly zhotoveny velmi tenké řezy na pile Buehler Isomet. Čtení věku probíhalo pod stereomikroskopem (STM 8235410) s kamerou (Optikam B3, software Optica View ver. 7.1.1.5), vše propojené s počítačem, řezy při zvětšení 30, původní otolity při zvětšení 15. Ostrosti vidění bylo dosaženo zakápnutím preparátu imerzním olejem. Následně byly pořízeny fotografie všech těchto otolitů, popřípadě jejich řezů, pro archivaci. Věk jsem určovala u 96 ježdíků z Říмова a u 42 ježdíků z Mostu. Pro zjištění „fitness factoru“ ježdíků a CPUE (Catch per unit effort) v obou nádržích jsem použila soubor dat, který obsahoval všechny odchycené ježdíky. Z Říмова 187 jedinců a 154 jedinců z Mostu. Data byla následně zpracována v databázi Pasgear.

Ke statistickému porovnání délek ježdíků jsem použila F-test a t-test ($p = 0,05$) v programu Excel.

K porovnávání CPUE pro hloubky 0–6 m a pro 6–18 m jsem použila chí kvadrát test v programu Excel.

Tabulka 1

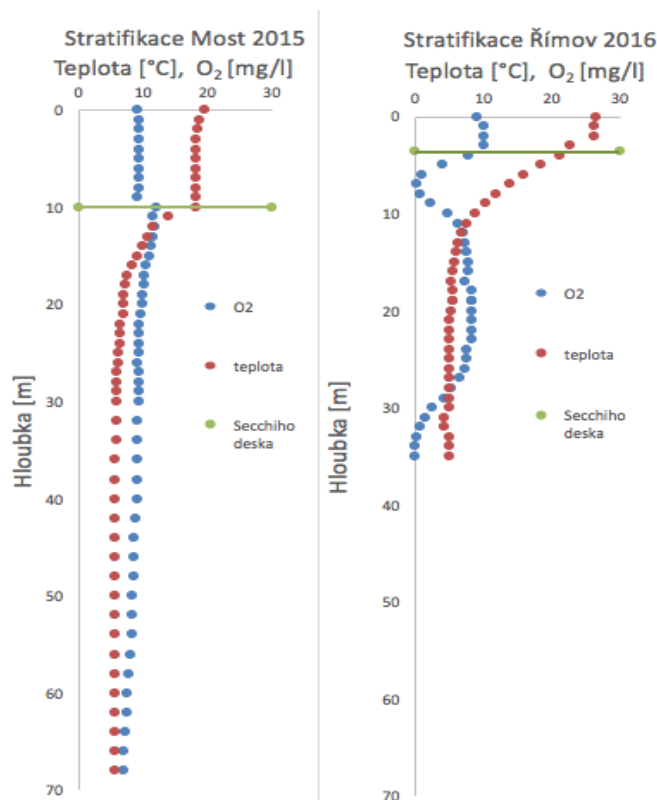
Parametr	Most	Římov
Plocha jezera [ha]	311	210
Průměrná hloubka [m]	23	16
Množství chlorofylu A [$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$]	1,5	9,4
Celkový fosfor [$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$]	6	27
Průhlednost (Secchiho deska) [m]	10	3,6
pH	8,3	7,9

Podle parametrů, uvedených v tabulce 2, jsem jezera zařadila do trofických tříd. Most lze jednoznačně klasifikovat jako oligotrofní a Římov je na pomezí mezotrofního a eutrofního jezera. Most je poměrně nové jezero, bylo napuštěno mezi lety 2008–2011. Tudíž tam kaprovité ryby zatím nepřevažují. V jezerech, kde převažují kaprovité ryby, jsou dominujícími druhy cejn velký, *Abramis brama*, plotice obecná, *Rutilus rutilus* a cejnek malý, *Blicca bjoerkna*. Cejn velký je dobrým bentofágem a může konkurovat ježdíkům (Říha, 2005), což se v Mostě neděje, ale v Římově nejspíše ano.

Tabulka 2 (Echaniz a Vignatti, 2013)

Trofická klasifikace	Celkový P [$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$]	Chlorophyll A [$\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$]	Secchiho deska [m]
Ultraoligotrofní	<4	<1	>12
Oligotrofní	4–10	1–2,5	12–6
Mezotrofní	10–35	2,5–8	6–3
Eutrofní	35–100	8–25	3–1,5
Hypereutrofní	>100	>25	< 1,5

Z obrázku 4 je patrné, že jezero Most je díky své oligotrofii prokysličené téměř až ke dnu, u Římova je množství kyslíku v hloubce 5–9 m téměř nulové (i když pak v neobyvatelné zóně stoupá), v hloubkách pod 3,6 m je v Římově tma, v Mostě je větší průhlednost (10 m), viz Secchiho deska.



Obrázek 4 Kyslíková a teplotní stratifikace z Mostu a Římov

7.3 Výsledky

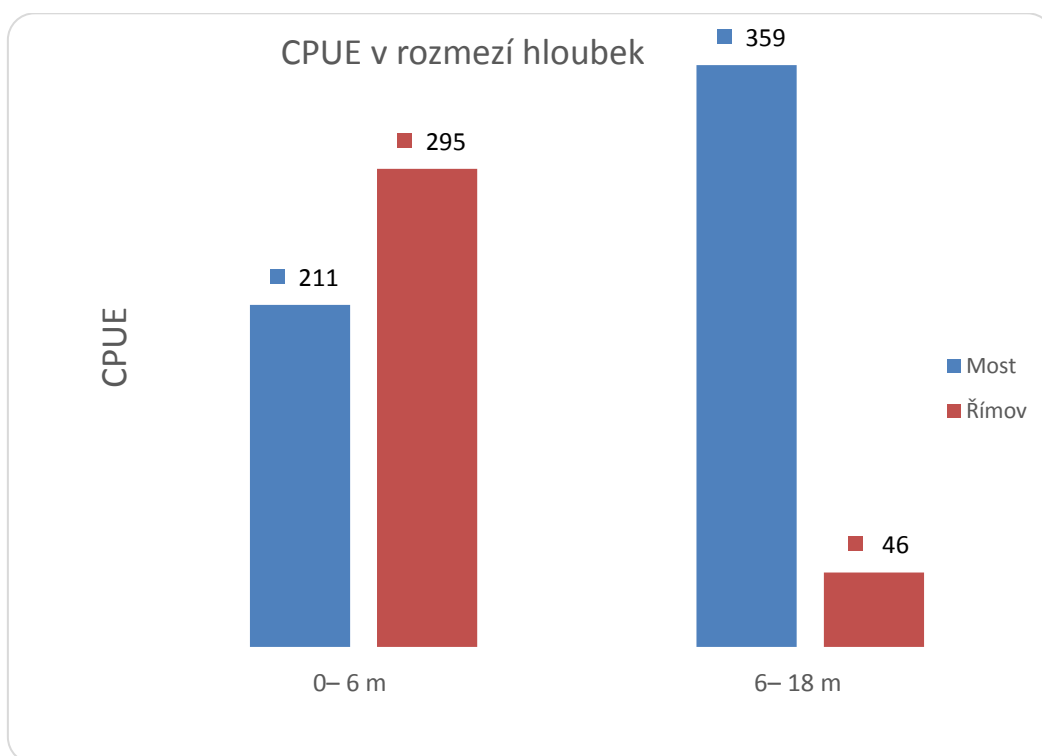
V tabulce 3 jsou uvedeny CPUE ježdíků v jednotlivých hloubkách, dohromady ze všech typů habitatů a CPUE pro celá jezera. CPUE zde znamená počet jedinců chycených do 1000 m² tenatní sítě.

Z hodnot v tabulce 3 je možné vyvodit, že v Římově bylo 86 % ježdíků chyceno do hloubky 6 m, v Mostě 37 %. A od hloubky 6 m do 18 m bylo v Mostě chyceno 63 %, ale v Římově pouze 14 %. Z tohoto důvodu a s ohledem na rozdíly v kyslíkové stratifikaci v Mostě a Římově, jsem porovnání CPUE provedla v těchto dvou hloubkových skupinách.

V grafu na obrázku 5 jsou pak uvedeny CPUE v hloubce do šesti metrů a od 6 do 18 m v Římově a Mostě. V obou hloubkových skupinách vyšly hodnoty CPUE mezi Mostem a Římovem statisticky významně odlišné.

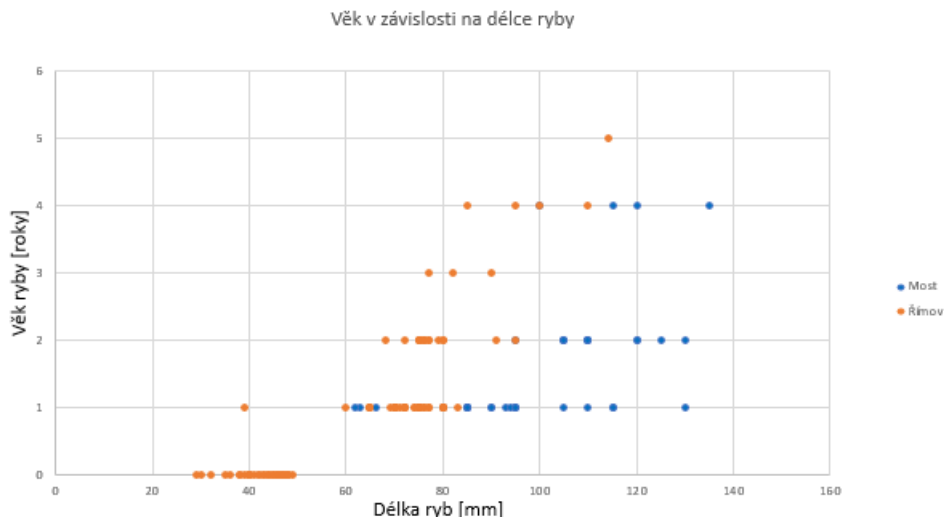
Tabulka 3

Hloubka [m]	Most	Římov
0–3	81,48	148,97
3–6	129,63	145,68
6–9	311,11	38,52
9–12	33,33	7,41
12–18	14,82	0
Celé jezero	54,32	86,51



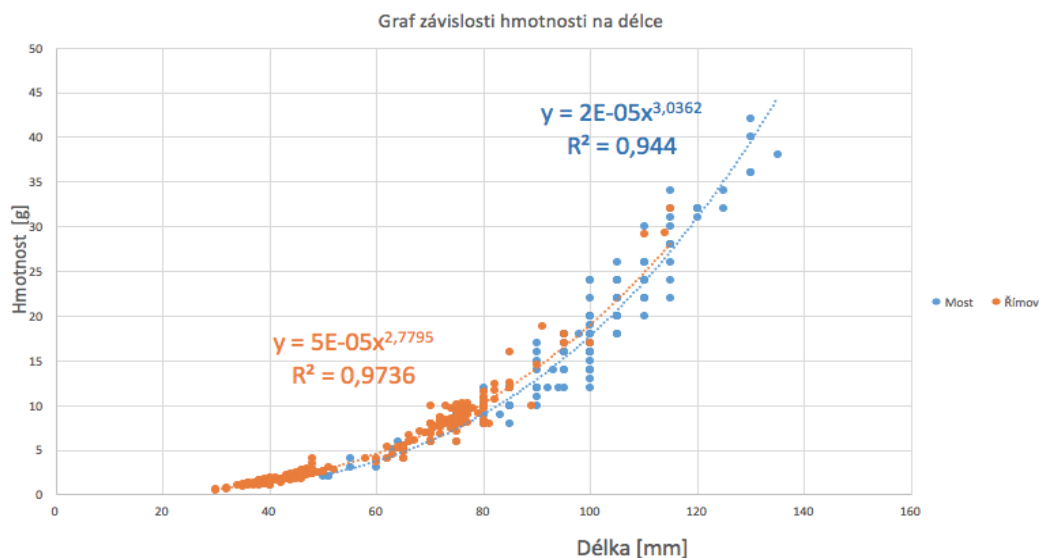
Obrázek 5 CPUE v rozmezí hloubek, CPUE = Catch per unit effort, počet ježdíků chycených do 1000 m²

V grafu na obrázku 6 můžeme vidět, že v Mostě nebyly chyceni žádní ježdíci ve věkových skupinách 0+ ($n_R = 37$), 3+ ($n_R = 3$), a 5+ ($n_R = 1$), zatímco v Římově, zejména ve věku 0+ byla populace poměrně bohatě zastoupena. Statistickým porovnáním délek bylo potvrzeno, že ježdíci ve věkových skupinách 1+ ($n_R = 33$; $n_M = 22$) a 2+ ($n_R = 16$; $n_M = 12$) jsou významně delší v Mostě ($p < 0,001$). U věkové skupiny 4+ nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl v délkách ryb ($p = 0,07$).



Obrázek 6 Závislost věku na délce ryby

Hmotnost a délka ryb spolu korelují podle vztahu $W = a \cdot L^b$. Na obrázku 7 je znázorněna závislost hmotnosti ježdíků na jejich délce pro obě nádrže. Pro ježdíky z Mostu je délkový exponent $b = 3,04$, pro ježdíky z Římov se $b = 2,78$.



Obrázek 7 Graf závislosti hmotnosti na délce

7.4 Diskuze

Abundance ježdíků chycených v různých hloubkách ukazuje, že ježdíci v Mostě obývají hlubší oblasti než ježdíci v Římově. To je umožněno tím, že Most je oligotrofní jezero, které je dobře prokysličené v téměř celém hloubkovém profilu ($9,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ O}_2$ až do hloubky 70 m), kdežto Římov má oxyklinu kolem 4 metrů. Zároveň na Římově klesá směrem k přítoku průhlednost

z 3,6 m na 0,88 m, zatímco v Mostě je průhlednost 10 m. Ježdíci v Mostě tudíž pravděpodobně obývají hloubky, kde si o potravu i prostor již nekonkurují s vizuálně orientujícími se rybami (okouny). Winfield a kol. (1998) si všiml, že ve finských jezerech (původní areál) ježdíci a okouni koexistují bez problému tam, kde si rozdělí habitaty, litorál a epilimnium obývají okouni a profundál a hypolimnium ježdíci, tedy podobně jako v Mostě.

V Mostě nebyly chyceni 0+, 3+ ani 5+ let staří ježdíci.

Jelikož byla použita stejně velká síťová oka jako na Římově, dá se vyvozovat, že v případě 0+ starých ježdíků vzhledem k potencionálnímu porcionálnímu tření (Gutsch a Hoffman, 2016) tyto nedorostli do takové velikosti, aby mohli být chyceni. Zároveň možná tenatní sítě dostatečně nepokryly habitaty, kde se tyto juvenilní ježdíci nacházeli nebo v Mostě byly tento rok špatné podmínky pro tření nebo vysoká úmrtnost plůdků. Absence 0+ starých jedinců v sítích může také naznačovat, že se ježdíkům v Mostě začíná dařit podstatně hůře. Možná ježdíci již překročili únosnou kapacitu prostředí a nebo 0+ staří jedinci rostou v Mostě pomaleji než v Římově, pak by ale museli ve vyšším věku vykazovat významně vyšší růstovou rychlost než v Římově. Bylo by potřeba změřit (na otolitech) vzdálenost od jádra k prvnímu anulu, u 1 rok starých jedinců a např. u čtyřletých jedinců. Pokud by se vzdálenosti u různě starých jedinců nelišily, dalo by se usuzovat, že všechny generace v Mostě mají pomalejší růst prvním rokem života, důvodem by mohla být kompetice s mladými okouny. Pokud by ale vzdálenosti u starších jedinců byly podstatně větší než u mladých, mohlo by to znamenat, že buď ježdíci překročili únosnou kapacitu prostředí nebo se změnilo něco podstatného v jejich habitatu a začíná se jim dařit hůře.

Důvod absence 3+ starých jedinců může být v absenci tření schopných dospělců před třemi roky nebo ve špatném přežití juvenilů. To stejné platí pro 5+ ježdíky. A nebo může absence některých ročníků být prostým důsledkem obtížnosti určení některých anulů při jejich čtení. Proto jsem se snažila najít v další části práce způsob, jak otolity projasnit a určení věku zpřesnit.

V souladu s Voltou a kol. (2013) žijí populace ježdíků jak v nádrži Most (oligotrofní), tak v Římově (mesotrofní – eutrofní).

Podle Kováče (1998) ježdíci na Slovensku a v České republice dosahují maximální délky 15–18 cm, rekord je 30 cm (standardní délky), což jsou vyšší hodnoty než pro Římov a Most, kde maximální délka ježdíků z Mostu je 13,5 cm a z Říмова 11,4 cm.

Ježdíci se běžně nedožívají ve střední Evropě více než 6 let a obvykle nedosahují délky větší než 20 cm, výjimkou jsou ježdíci z ústí Labe – 29 cm maximální změřená délka (Hölker a Hammer, 1994). Ani ježdíci z Říмова či Mostu se nedožívají více než 6 let (maximum

v Římově pět let, v Mostě čtyři roky). Délky ježdíků v těchto nádržích byly výrazně menší než 29 cm.

Pět let staří ježdíci měli ve Finsku v oligotrofním jezeře délku 10 cm, v eutrofním délku 15 cm (celková délka). Vyšší růst je pak v mírně eutrofních jezerech, pokud eutrofní podmínky nezpůsobí velmi nízké koncentrace kyslíku v hypolimniu (Winfield a kol., 1998).

Jelikož byl v Římově chycen pouze jeden jedinec ve věku pět let, který měl délku 11,4 cm, nelze s výsledky od Winfielda a kol. (1998) moje data srovnávat. Vyšší počet pět let starých jedinců ve Finsku je nejspíše dán faktem, že v severnějších zeměpisných šířkách se ježdíci dožívají vyššího věku. Na rozdíl od Winfielda a kol. (1998), v oligotrofním jezeře Most vyšly délky stejně starých ježdíků pro přítomné věkové kategorie větší než v eutrofnějším jezeře Římov. Maximální délka ježdíků v Mostě je 13,5 cm, v Římově 11,4 cm. Průměrná délka jeden rok starých ježdíků v Mostě je 9,1 cm, v Římově 7,2 cm, dvou let starých ježdíků v Mostě 11,2 cm a v Římově 7,8 cm.

Ježdíci v Mostě rostou lépe nejspíše proto, že obývají niku (hloubku), kde si s vizuálně orientujícími rybami (okouny) nekonkurují.

Druhým důvodem může být fakt, že v Mostě, ačkoliv se jedná o objemnější jezero, je nižší abundance ježdíků než v Římově, to znamená i menší vnitrodruhovou konkurenci. Což by bylo v souladu s Arranzem a kol. (2016), který tvrdí, že pokud roste vnitrodruhová konkurence, dochází k poklesu průměrné velikosti ježdíků. Devine a kol. (2000) popisuje, jak vnitrodruhová konkurence ovlivňuje velikostní strukturu populace. Pokud je populační hustota ježdíků nízká (málo kompetice o potravní zdroje), ježdíci sexuálně dospějí, aniž by zastavili somatický růst. Pokud je hustota populace vysoká, ježdíci sexuálně dospějí na úkor (zastavení) somatického růstu. V prvním případě jsou pak dospělí jedinci větší než v případě druhém. Pokud je malá kompetice o potravní zdroje, ryby spíše dospějí v nižším věku (jako menší), proto pak nedospělí jedinci jsou jen ti nejmenší, nejkratší dobu žijící. Při vysoké kompetici o potravu, ryby dají přednost dospění v pozdějším věku (jako větší), tudíž nedospělí jedinci jsou větší, než při nízké kompetici.

Pro ježdíky z Mostu je délkový exponent $b = 3,04$, pro ježdíky z Říмова se $b = 2,78$, což znamená, že ježdíci v Mostě jsou na svoji délku trochu těžcí a ježdíci z Říмова jsou na svoji délku lehčí. V Mostě se tedy ježdíkům daří lépe. Což je v souladu s tím, že za stejně dlouhou dobu dosáhli větší délky.

V ústí Labe byli ježdíci na svůj věk velmi těžcí, délkový exponent $b \gg 3$, daří se jim tam ještě lépe (Hölker a Hammer, 1994).

8 Praktická část – zviditelnění anulů

8.1 Úvod

K zviditelnění anulů se používá několik metod. V praktické části jsem vyzkoušela dvě z nich. Prvně jsem deset otolitů naložila do roztoku thymolu, líhu a glycerinu a následně je vypálila (Godinho a Alpoim, 1997). Pět jiných otolitů jsem nechala pouze vypálit.

8.2 Metodika

Před vypálením jsem deset otolitů naložila na 48 hodin v 50 ml:50 ml roztoku glycerinu a thymolu (10 g pevného thymolu + 100 g etanolu), aby došlo k odstranění hořlavých nečistot, jako je pokožka.

Dále jsem otolity umístila do pece rozehřáté na teplotu 250 °C na zhruba 45 minut (doba závisí na velikosti otolitu) (Godinho a Alpoim, 1997). Deset otolitů jsem pozorovala v mikroskopu před a po naložení a potom i po vypálení. Druhou skupinu otolitů (pět) jsem pozorovala před a po vypálení. Před vlastním mikroskopováním jsem otolity namočila v imerzním oleji. Na mikroskopu jsem nastavila zvětšení 32.

8.3 Výsledky a diskuze

Na některých otolitech zůstal po jejich vypreparování z ryb zbytek pouzdra. Pomocí thymolu většinou došlo k jeho odstranění, někdy k úplnému, někdy k částečnému. Godinho a Alpoim (1997) doporučují naložení otolitů na dobu 48–72 hodin. Kdybych otolity naložila na delší dobu než 48 hodin, nejspíše by došlo k úplnému odstranění u všech otolitů.

U otolitů, které jsem pouze vypalovala, došlo také k odstranění zbytků pouzdra, ne však vždy k úplnému. Godinho a Alpoim (1997) uvádí, že by se otolity měly dát do pece na 30–60 minut v závislosti na jejich velikosti (menší na kratší dobu, aby nepopraskaly). V oblastech na otolitech, kde došlo k odstranění nečistot, byly anuly pak lépe čitelné. Ale tam, kde nečistota ani původně nebyla, nedošlo k významnému zviditelnění.

Algador a Murta (2002) uvádí, že nejlepších výsledků v odhadu věku bylo dosaženo po obarvení látkou amido-schwartz. Nejprve se otolit ponoří do roztoku kyseliny fuchsinové, která rozruší minerální složku otolitu, proteiny jsou pak barveny látkou amido-schwartz. Toto je však třeba ještě vyzkoušet.

9 Závěr

O ježdíka má význam se zajímat, protože je nedílnou součástí mnoha vodních společenstev a interaguje s mnoha pro lidi hodnotnými druhy ryb.

Most je mladé a tedy oligotrofní jezero, dobře prokysličené v celém hloubkovém profilu, což ježdíkům umožňuje obývat hloubky, kde si nekonkurují s vizuálně se orientujícími rybami (okouny). Naproti tomu Římov je eutrofnější přehrada s již ustáleným společenstvem ryb. V Mostě je nižší abundance ježdíků než v Římově. Díky slabší vnitrodruhové i mezidruhové kompetici se ale ježdíkům v Mostě daří lépe než v Římově, což se projevilo ve vyšším „fitness factoru“ a větší délce stejně starých jedinců.

K zjištění důvodu absence 0+ starých ježdíků v Mostě by bylo vhodné změřit (na otolitech) vzdálenost od jádra k prvnímu anulu, u 1 rok starých jedinců a např. u čtyřletých jedinců. Pokud by se vzdálenosti u různě starých ježdíků nelišily, dalo by se usuzovat, že všechny generace v Mostě mají pomalejší růst prvním rokem života, důvodem by mohla být kompetice s mladými okouny. Pokud by ale vzdálenosti u starších jedinců byly podstatně větší než u mladých, mohlo by to znamenat, že buď ježdíci překročili únosnou kapacitu prostředí nebo se změnilo něco podstatného v jejich habitatu a začíná se jim dařit hůře.

Ke zlepšení čtení věku ježdíků z otolitů je vhodné změnit způsob přípravy otolitů před samotným čtením, a to odstraněním zbytků pouzdra. Moje výsledky ukazují, že u ježdíků bude nejspíše třeba prodloužit dobu, po kterou se zbytky pouzdra odstraňují, ať buď pomocí thymolu (72 hodin) nebo vypálením (1 hodina). Další možností je obarvit otolity látkou amido-schwartz. Asi nejpřesnější by bylo určení věku z řezu otolitem namísto z celého otolitu.

10 Literatura

- ALAGADOR, D a A. G. MURTA. A comparison of staining techniques to improve precision of age estimation from fish otoliths. *Journal of Fish Biology*. 2002, 61(3), 839-841.
- ARRANZ, I., T. MEHNER, L. BENEJAM, et al. Density-dependent effects as key drivers of intraspecific size structure of six abundant fish species in lakes across Europe 1. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2016, 73(4), 519-534.
- BAKANOV, A. I., V. I. KIYASHKO, M. M. SMETANIN a A .S. STREL'NIKOV. Factors affecting fish growth. *Journal of Ichthyology*. 1987, 27, 124-132.
- BERGMAN, E. Changes in Abundance of Two Percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*, along a Productivity Gradient: Relations to Feeding Strategies and Competitive Abilities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1991, 48(4), 536-545.
- BÍRÓ, P. Freshwater biodiversity: An outlook of objectives, achievements, research fields, and co-operation. *Aquatic Ecosystem Health*. 2001, 4(3), 251-261.
- BROWN, William P., James H. SELGEBY a Hollie L. COLLINS. Reproduction and Early Life History of Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in the St. Louis River, a Lake Superior Tributary. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 217-227.
- The Campana lab: Otoliths [online]. [b.r.] [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://uni.hi.is/scampana/otoliths/>
- DEVINE, J. A., C. E. ADAMS a P. S. MAITLAND. Changes in reproductive strategy in the ruffe during a period of establishment in a new habitat. *Journal of Fish Biology*. 2000, 56(6), 1488-1496.
- ECKMANN, R. Overwinter changes in mass and lipid content of *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*. *Journal of Fish Biology*. 2004, 65(6), 1498-1511
- ECHANIZ, S. A. a A. M. VIGNATTI. Trophic Status of Shallow Lakes of La Pampa (Argentina) and Its Relation with the Land Use in the Basin and Nutrient Internal Load. *Journal of Environmental Protection*. 2013, 04(11), 51-60.
- ELORANTA, A. P., I. VEJŘÍKOVÁ, M. ČECH, et al. *Some like it deep: littoral and profundal niche specialization by ruffe (Gymnocephalus cernua)*. 2017, v tisku.
- FAIRCHILD, D. J. a J. H. MCCORMICK. Effects of Temperature on Hatching and Development of Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*). *Journal of Great Lakes Research*. 1996, 22(1), 89-94.
- FULLERTON, A. H., G. A. LAMBERTI, D. M. LODGE a M. B. BERG. Prey Preferences of Eurasian Ruffe and Yellow Perch: Comparison of Laboratory Results with Composition of Great Lakes Benthos. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 319-328.
- GAISLER, J. a J. ZIMA. *Zoologie obratlovců*. Vyd. 2., přepřac. Praha: Academia, 2007, s: 115, 286, 292. ISBN 978-80-200-1484-9.
- GODINHO M.L. a ALPOIM R., Northwest Atlantic Fisheries Organisation, Scientific council meeting, 1997. "Essays on baking technique of Greenland halibut otoliths for ageing purposes. ". Lisboa, Portugal, June 1997.
- Great Lakes aquatic nonindigenous species information system [online]. [b.r.] [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=7>
- GUNDERSON, J. L., M. R. KLEPINGER, C. R. BRONTE a J. E. MARSDEN. Overview of the International Symposium on Eurasian Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) Biology, Impacts, and Control. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 165-169.

- GUTSCH, M. a J. HOFFMAN. A review of Ruffe (*Gymnocephalus cernua*) life history in its native versus non-native range. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2016, 26(2), 213-233.
- Gymnocephalus cernuus* - Ruffe [online]. [b.r.] [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: https://el.erdc.dren.mil/ansrp/ANSIS/html/gymnocephalus_cernuus_ruffe.htm
- HANEL, L. *Naše ryby a rybaření*. Praha: Nakladatelství Brázda, 2001, s: 232-237. Naše hobby. ISBN 80-209-0292-9.
- HÖLKER, F. a C. HAMMER. Growth and food of ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in the Elbe Estuary. *Archive of fishery and marine research*. 1994, 42(1), 47-62.
- KANGUR, A., P. KANGUR a E. PIHU. Long-term trends in the fish communities of Lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia). *Aquatic Ecosystem Health*. 2002, 5(3), 379-389.
- KANGUR, K. a A. KANGUR. Feeding of ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in relation to the abundance of benthic organisms in Lake Võrtsjärv (Estonia). *Annales Zoologici Fennici*. 1996, 33(3/4), 473-480.
- KANGUR, K., A. KANGUR a P. KANGUR. A comparative study on the feeding of eel, *Anguilla anguilla* (L.), bream, *Abramis brama* (L.) and ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L.) in Lake Võrtsjärv, Estonia. *Hydrobiologia*. 1999, 408/409, 65-72.
- KANGUR, K., A. KANGUR a P. KANGUR. Diet composition and food consumption level of ruff, *Gymnocephalus cernuus* (L.). *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology*. 2000, 49(1), 121-135.
- KANGUR, P., A. KANGUR, K. KANGUR a T. MÖLS. Condition and growth of ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in two large shallow lakes with different fish fauna and food recourse. *Hydrobiologia*. 2003, 506-509(1-3), 435-441.
- KOVÁČ, V. Biology of Eurasian Ruffe from Slovakia and Adjacent Central European Countries. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 205-216.
- LAPPALAINEN, J. a J. KJELLMAN. Ecological and Life History Characteristics of Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in Relation to Other Freshwater Fish Species. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 228-234.
- LORENZONI, M., A. CAROSI, G. PEDICILLO a A. TRUSSO. A comparative study on the feeding competition of the European perch *Perca fluviatilis* L. and the ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.) in Lake Piediluco (Umbria, Italy). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 2007, (387), 35-57.
- LORENZONI, M., R. PACE, G. PEDICILLO, P. VIALI a A. CAROSI. Growth, catches and reproductive biology of ruffe *Gymnocephalus cernuus* in Lake Piediluco (Umbria, Italy). *Folia Zoologica*. 2009, 58(4), 420-435.
- MAŠÁTOVÁ, Y. *Růst ježdíka obecného - *Acerina cernua* /Linnaeus, 1758/ v Orlické údolní nádrži v letech 1981-1983*. Praha, 1986. Diplomová práce. UK. Vedoucí práce Josef Závěta.
- MATTILA, Johanna. The effect of habitat complexity on predation efficiency of perch *Perca fluviatilis* L. and ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 1992, 157(1), 55-67.
- MEDŘICKÝ, O. Učíme ve Vodňanech: Určování věku ryb. *Rybářství*. Praha: Rybář spol. s r.o., 1968-2017, 2017, (1), 63. ISSN 0373-675x.
- Minnesota Sea Grant: Eurasian Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) [online]. ©1996-2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.seagrants.umn.edu/ais/ruffe>
- MÖLLER, H. Status of the fish fauna of the lower Elbe river and concepts for its protection, 1993. "Fish: Ecotoxicology and ecophysiology, proceeding of an international symposium". Proceeding of an international symposium, Heidelberg, 1991, s:159-172.

- NEJA, Z. On some problems of reproduction of ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L., 1758) in the lake Dąbie. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 1988, 18(2), 33-50.
- NEJA, Z. The growth rate of ruffe, *Gymnocephalus Cernuus* (L., 1758) in the Szczecin lagoon, the Odra mouth and lake Dąbie. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 1989, 19(1), 3-19.
- OGLE, D. H., J. F. SAVINO, R. M. NEWMAN a M. G. HENRY. Predation on ruffe by native fishes of the St. Louis River estuary, Lake Superior, 1989-1991. *North American Journal of Fisheries Management*. 1996, 16(1), 115-123
- OGLE, D. H., J. H. SELGEBY, R. M. NEWMAN a M. G. HENRY. Diet and feeding periodicity of ruffe in the St. Louis River estuary, Lake Superior. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1995, 124(3), 356-369.
- OGLE, D. H. a I. J. WINFIELD. Ruffe Length–Weight Relationships with a Proposed Standard Weight Equation. *North American Journal of Fisheries Management*. 2009, 29(4), 850-858
- POPOVA, O. A., Y. S. RESHETNIKOV, V. I. KIYASHKO, Y. Yu. DGEBUADZE a V. N. MIKHEEV. Ruffe From the Former USSR: Variability Within the Largest Part of its Natural Range. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 263-284.
- PRATT, D., Great Lakes fishery commission, 1988. "Report of Distrubution and population status of the ruffe (*Gymnocephalus cernua*) in the St. Louis Estuary and Lake Superior". Superior, Wisconsin, USA. September 1988.
- RÖSCH, R. a W. SCHMID. Ruffe (*Gymnocephalus cernuus* L.), newly introduced into Lake Constance: Preliminary data on population biology and possible effects on whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Annales Zoologici Fennici*. 1996, 33(3), 467-471.
- Růst. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 11. 12. 2006, last modified on 12. 3. 2017 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/R%C5%AFst>
- ŘÍHA, M. *Sukcese rybích společenstev v nádržích*. 2005. Esej. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- SCHLEUTER, D. a R. ECKMANN. Competition between perch (*Perca fluviatilis*) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus*): the advantage of turning night into day. *Freshwater Biology*. 2006, 51(2), 287-297.
- SELGEBY, J. Predation by ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) on fish eggs in Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 304-308.
- SIERSZEN, M. E., J. R. KEOUGH a C. A. HAGLEY. Trophic Analysis of Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and White Perch (*Morone americana*) in a Lake Superior Coastal Food Web, Using Stable Isotope Techniques. *Journal of Great Lakes Research*. 1996, 22(2), 436-443.
- SLÁDEČEK, F. *Rozmnožování a vývoj živočichů: základy vývojové biologie: celostátní vysokoškolská učebnice pro přírodovědecké fakulty*. 2. vyd. Praha: Academia, 1986, s: 13, 204.
- STEVENSON, D. K. a S. E. CAMPANA [ed.]. *Otolith microstructure examination and analysis*. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans, 1992, s: 115-126. ISBN 0 660 14747 5.
- SÝKORA, J. Učíme se v Třeboni: Životní periody u ryb. *Rybářství*. Praha: Rybář spol. s r.o., 1968-2017, 2017, (2), 61. ISSN 0373 - 675x.
- TARVAINEN, M., A. ANTTALAINEN, H. HELMINEN, T. KESKINEN, J. SARVALA, I. VAAHTO a J. KARJALAINEN. A validated bioenergetics model for ruffe *Gymnocephalus cernuus* and its application to a northern lake. *Journal of Fish Biology*. 2008, 73(3), 536-556.

- TEROFAL, F. a C. MILITZ. *Sladkovodní ryby v evropských vodách*. Praha: Ikar, 1997, s: 168. Průvodce přírodou (Ikar). ISBN 80-7202-140-0.
- Trophic state index. In: In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 11. 12. 2006, last modified on 19. 4. 2017 [cit. 2017-01-05]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Trophic_state_index
- VIADERO, R. C. *Water encyclopedia*. Hoboken, N.J: John Wiley, 2005, s: 129-133. ISBN 047147844X.
- VOLTA, P., E. JEPPESEN, B. CAMPI, P. SALA, M. EMMRICH a I. WINFIELD. The population biology and life history traits of Eurasian ruffe [*Gymnocephalus cernuus* (L.), Pisces: Percidae] introduced into eutrophic and oligotrophic lakes in Northern Italy. *Journal of Limnology*. 2013, 72(2), 280-290.
- WINFIELD, I. J., R. RÖSCH, M. APPELBERG, A. KINNERBÄCK a M. RASK. Recent Introductions of the Ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) to Coregonus and Perca Lakes in Europe and an Analysis of Their Natural Distributions in Sweden and Finland. *Journal of Great Lakes Research*. 1998, 24(2), 235-248.
- WOOTTON, R. J. *Ecology of teleost fishes*. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, c1998, s: 107-140. ISBN 978-0-412-84590-1.