

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra Biologie

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



DYNAMIKA POČETNOSTI VYBRANÝCH DRUHŮ RYB

Vedoucí bakalářské práce

Doc. RNDr. Jan Kubečka, CSc.

Autor práce

Eduard Bouše

2010

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta
Bakalářská práce
2010

Bouše, E., (2010): Dynamika početnosti ryb [Dynamics of abundance of selected fish species. Bc. Thesis, in Czech]. Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

This work summarises the most common methods for estimation of fish mortality rates which are the main causes of abundance changes during the lifetime in reservoirs. Short review of mortality rates during the lifetime is given for the roach (*Rutilus rutilus*) perch (*Perca fluviatilis*), bream (*Abramis brama*) and predatory species.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Dynamika početnosti ryb“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích a na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

.....
Eduard Bouše

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. RNDr. Janu Kubečkovi, CSc. za jeho odborné vedení, rady a připomínky, kterých se mi při zpracování této bakalářské práce dostalo. Také bych chtěl poděkovat všem, kteří se ať přímo či nepřímo podíleli na zrodu této práce.

Obsah

1. Úvod	6
2. Populační dynamika	7
2.1 Populační dynamika ryb se zřetelem k údolním nádržím ČR.....	7
3. Materiál a metodika	9
3.1 Definice	9
3.2 Věkové složení populace	10
3.3 Mortalita	10
3.3.1 Druhy mortality	11
3.3.2 Odhady mortality	12
3.3.2.1 Zjištění mortality z následných početností.....	13
3.3.2.1.1 Značení ryb.....	13
3.3.2.1.2 Úlovek na jednotku rybářského úsilí (CPUE).....	15
3.3.2.1.3 Přímé počítání	16
3.3.2.2 Výlovové křivky	16
3.3.2.3 Virtuální analýzy populace	18
3.4 Výpočet průměrných měř mortality našich hojných druhů.....	18
4. Výsledky	20
4.1 Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>).....	20
4.2 Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	23
4.3 Cejn obecný (<i>Abramis brama</i>).....	26
4.4. Dravé druhy.....	29
5. Diskuze.....	31
6. Závěr	32
7. Literatura	33

1. Úvod

Pod vlivem populačních charakteristik se rybí populace chová jako dynamický celek. Projevuje se to především v její početnosti. Ta kolísá v důsledku mnoha přírodních i umělých jevů. Pochopení zákonitostí populační dynamiky jednotlivých druhů je velmi důležité při ochraně a obhospodařování rostlin i živočichů a zvláště pak chráněných druhů.

V případě populací, jako jsou rybí obsádky, které jsou loveny nebo ohroženy degradací prostředí a kde mortalita převyšuje populační doplněk, dochází k poklesu početnosti populace. U všech populací dochází k limitaci početnosti, která je způsobena jejich požadavky na zdroje (potrava, životní prostor). Kompetice o tyto zdroje a predace způsobuje míru kolísání populace (King, 2007).

Cílem této práce je vypracovat stručný přehled přístupů vhodných pro popis vývoje početnosti rybích obsádek našich nádrží, seznámit se základními metodami odhadu mortality a z údajů o úmrtnosti hojných druhů ryb úrodných nádrží sestavit průměrné křivky průběhu úmrtnosti během života.

2. Populační dynamika

Jednotlivé druhy ryb obývají různé vodní biotopy v areálu svého rozšíření. Za základní jednotku (seskupení) v rámci druhu je považována populace. Populaci můžeme definovat jako skupinu organismů téhož druhu, osidlující stejný biotop, která má společný genofond. Společný genofond je spojitý v čase i prostoru (Baruš a Oliva, 1995).

Populace ryb je seskupení dynamické, a to jak ve vztahu k určitému vodnímu útvaru, tak i z hlediska časového sledu. Proto jsou u populací ryb studovány základní populační charakteristiky, které z odhadů početnosti vyúsťují v odhady biomasy a ve využití její části, tzv. výnosu. Chceme-li studovat změny početnosti rybích populací, je třeba si osvojit metody odhadů základních (tzv. populačních) parametrů. Základním populačním parametrem těchto změn je početnost, kterou lze odhadovat jednorázově nebo opakovaně. V druhém případě získáme představu o změnách početnosti dané populace, tj. o dynamice její početnosti. Dynamiku populace (jakým směrem se bude početnost populace ubírat, zdali poroste, poklesne nebo zda zůstane stabilizována) určují zejména tyto populační charakteristiky:

- natalita
- mortalita
- disperze (emigrace a imigrace)

2.1 Populační dynamika ryb se zřetelem k údolním nádržím ČR

Porozumění populační dynamice je nezbytné pro předpověď změn spojených s užíváním nádrže pro vodohospodářské a rybářské účely a pro vysvětlení řady limnologických procesů. Jako první u nás se složením ichthyocenózy zabýval v roce 1955 profesor Oliva. První úplnou studii populační dynamiky ryb v nádržích u nás vypracoval J. Holčík (1970).

Hydrobiologické pracoviště Biologického centra Akademie věd ČR se dlouhodobě zabývá studiem role rybích populací v limnologických procesech

v údolních nádržích. Pochopení populační dynamiky rybí obsádky je základním pozadovým údajem pro pochopení role ryb. Analýzy emigrace a imigrace ryb přítokem (Hladík a Kubečka, 2003; Hladík a kol, 2008; Kubečka a kol 2004) hrází (Baruš a kol, 1985; Baruš a kol, 1986; Pavlov, 1987) ukazují, že větší ryby s výjimkou plůdku opouštějí dlouhodobě nádrž jen výjimečně, a tak je zde většinou naplněn předpoklad uzavřené rybí populace. Vliv emigrace a imigrace na početnost tak může být zanedbána. Proto bylo učiněno několik pokusů o popis populační dynamiky ryb, zejména v modelové nádrži Římov (Kubečka, 1989; Hladík, 1999; Říha a kol., 2009). Uvedené studie shrnují zejména dynamiku částí populací studovaných nočními zátahy zátahovými sítěmi (Říha a kol., 2009), které mají v nádrži nejdelší tradici. V limitaci na část rybí populace, která uskutečňuje večerní příbřežní migraci, spočívá též omezenost dosavadních informací o populační dynamice ryb na Římově. Různé druhy a ročníky ryb se v různé míře podílí na příbřežní migraci a jejich podíl na celkové populaci není dosud přesně znám. Až v poslední době se daří rozvinout přístupy vzorkující rybí populace nádrže jako celku včetně největších objemů volné vody (Kubečka a kol., 2003; Vašek a kol., 2004; Prchalová a kol., 2009) a v této souvislosti nastává příhodná doba pro pochopení populační dynamiky rybí obsádky nádrže jako celku.

3. Materiál a metodika

3.1 Definice

- **Početnost [N]:** Počet jedinců určitého druhu v určitém prostoru, obecně platí:

$$N_t = N_0 + Na - M + Im - Em \text{ [Ks]} \quad (3.1.1)$$

N_t - početnost v čase t	M - mortalita
N_0 - výchozí početnost	Na - natalita
Im - imigrace	Em - emigrace

- **Míra přežití [S]:** Podíl ryb, které přežily určitý časový úsek (rok, sezona).

$$S = N_t / N_0 \text{ [rok}^{-1}\text{]} \quad (3.1.2)$$

- **Mortalita [M]:** Podíl uhynulých ryb z celé populace.

- **Okamžitá míra úmrtnosti [Z] :** Kolik ryb z výchozího počtu populace zahynulo za určitý časový úsek, nebo také záporný přirozený logaritmus míry přežívání.

$$Z = - \ln S = - \ln (1-M) \text{ [-]} \quad (3.1.3)$$

- **Roční (sezónní) celková mortalita [M] :** Podíl ryb, které zemřou během celého roku (sezony).

$$M = 1 - S \text{ [rok}^{-1}\text{]} \quad (3.1.4)$$

- **Natalita [Na]:** Počet narozených jedinců za určité časové období (vrozená schopnost populace přirůstat bez přílivu zvenčí).

- **Růst :** Zvětšování rozměrů (délkových i hmotnostních) organismu. Organismy jsou obklopeny určitým prostředím, růst je tedy procesem, jehož prostřednictvím reaguje jedinec i celá populace na toto prostředí a jeho změny. Nejčastěji se popisuje následující von Bertalanffyho rovnicí (Ricker, 1979):

$$L_t = L_\infty * (1 - e^{-k(t-t_0)}) \text{ [cm]} \quad (3.1.5)$$

L_t – délka těla v čase t	L_∞ - teoretická max. délka
k – růstový koeficient	t – věk (roky)
t_0 – stáří při kterém $L_t = 0$	

3.2 Věkové složení populace

Věkové složení zjišťujeme tak, že všechny ulovené ryby jsou změřeny, zváženy a rozděleny do velikostních tříd. Poté jim jsou odebrány šupiny nebo jiné struktury (otolity, ploutevní paprsky, skřelové kosti) pro analýzu věku a k délkovým třídám jsou přiřazeny třídy věkové. Tím získáme početnost jednotlivých věkových tříd ke dni odlovu (Pivnička, 1978).

Podmínkou je reprezentativnost vzorku ryb, z kterého zjišťujeme věkové složení populace. To znamená, že relativní zastoupení věkových skupin ve vzorku se blíží věkovému složení populace v nádrži (Pivnička, 1978). Znalost věkové struktury populace nám dává možnost efektivního řízení obsádky (Colombo a kol., 2007).

3.3 Mortalita

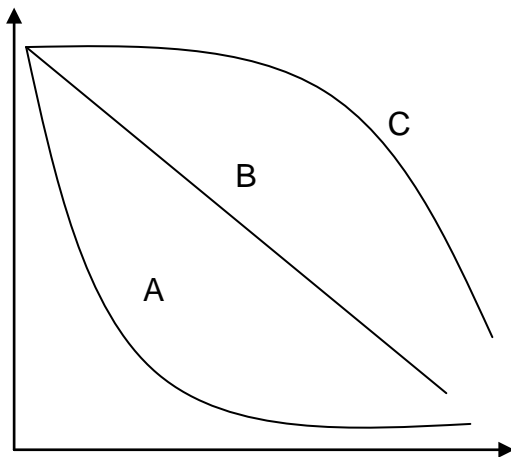
Mortalita je hlavním procesem, který vysvětluje snížení rybí biomasy. Každý živočišný druh je charakterizován určitým maximálním stářím, tzv. hraničním věkem, kterého je schopen dosáhnout. Smrt stářím se však u ryb vyskytuje velmi sporadicky. Většina jedinců z populace umírá mnohem dříve, než dosáhne hraničního věku (predace, nemoci, parazitismus, hladovění atd.).

Pro jednotlivé druhy živočichů je specifická nejen úmrtnost, ale i její rozložení v průběhu života. Průběh je možné charakterizovat třemi typy mortalitních křivek (Pivnička, 1978) viz. obr. 1.

Křivka „A“ vykazuje vysokou mortalitu embryí a juvenilních jedinců (většina našich ryb, hmyz...).

Křivka „B“ představuje konstantní úmrtnost.

Křivka „C“ ukazuje nízkou mortalitu juvenilních stádií a dospělých jedinců, ale vysokou mortalitu starších jedinců (člověk, velcí obratlovci).



Obr. 1. Průběh mortalitních křivek (Pivnička, 1978)

Vysoká mortalita ryb v první fázi vývoje je nejčastěji způsobena nedostatkem vhodné potravy nebo predátory (May, 1974; Kubečka 1991). Predace hraje velkou roli a mohou se do ní zapojit bezobratlí jako např. některé dravé buchanky (Mann, 1973; Mooij, 1996). Proto je mortalita v rané části vývoje závislá na rychlosti růstu. Pro řadu mořských druhů byla zjištěna nepřímá úměra mezi mortalitou a rychlostí růstu (McGurk, 1986). Obecně lze říci, že větší ryby mají méně predátorů a proto se mortalita s velikostí těla (věkem) snižuje. Po dosažení senescentní fáze se mortalita opět zvyšuje.

3. 3. 1 Druhy mortality

- **minimální (teoretická) mortalita:** teoretická konstantní úmrtnost za ideálních podmínek daná fyziologickými možnostmi organismu, uplatnila by se tehdy, pokud by všichni jedinci hynuli ve fyziologickém stáří, což u ryb v přirozených populacích nikdy neplatí.
- **přirozená (ekologická) mortalita:** je dána mnoha mortalitními faktory, jako jsou predace, parazitismus, konkurence, stáří, nemoci, smrt hladem, nečekané klimatické změny aj. Ekologická mortalita se mění podle podmínek v dané populaci a podle změn prostředí. Je vždy vyšší než minimální mortalita.
- **výlovová mortalita:** zahrnuje sportovní rybolov a průmyslový výlov.
- **antropogenní:** vzniká vedlejší činností člověka, např. vypouštění chemikálií, otravy, kyslíkové deficiency...

Přirozenou mortalitu můžeme dále dělit:

- **hustotně závislou** (density dependent): vyšší hustota způsobuje nedostatek vhodných habitatů a vyčerpání potravních zdrojů. To vede k pomalejšímu růstu a následkem toho ke zvýšení mortality a snížení ekologické fitness. Využívání méně vhodných stanovišť u některých druhů (candát, štika, okoun) zvyšuje kanibalismus (Elliot 1993; Biro a kol., 2003). Projevuje se hlavně u juvenilních stádií ryb po přechodu na vnější výživu.
- **hustotně nezávislou** (density independent): limitní faktor nezáleží na hustotě ryb. Typickým příkladem je mortalita způsobená abiotickými faktory (počasí, chemismus vody...) nebo antropogenní mortalita. Projevuje se nejčastěji u jiker, raných stádií a v další fázi života je způsobena predací, parazitismem, počasím, chemismem vody atd.

Úmrtnost vyvolaná veškerými faktory se nazývá celková úmrtnost. Pro výpočty úmrtnosti je nutná znalost okamžité míry úmrtnosti. Znalost stupně mortality je důležitá pro porozumění rychlosti populačního úbytku a pro následnou možnost využití v modelování rybích populací a pro provádění biomanipulačních opatření (Spare a Venema, 1998).

3. 3. 2 Odhady mortality

V odhadech mortality hraje důležitou roli početnost jednotlivých věkových skupin. Ta je v praxi často obtížně zjistitelná pro raná stadia ryb, a to ze dvou důvodů. Malé ryby nelze zachytit stejným lovným nářadím jako větší jedince (procházejí oky sítí), anebo se mohou zdržovat v jiné části nádrže (příbřežní vegetace) než je prováděn odlov ostatních ryb (Spindler, 1995). Mortalita a míra přežívání mladých jedinců také vykazuje ohromné rozdíly, které jsou silně závislé jak na biotických, tak i na abiotických faktorech (Borovkov a Serebryakov, 2009). Vývoj početnosti raných stádií je navíc velmi dynamický s největšími změnami během ontogeneze (Kubečka, 1991; Pivnička, 1978). Nedostatek dat navíc komplikuje schopnost zjistit, zdali je mortalita raných stádií citlivější na biotické nebo abiotické faktory (Griffiths a kol., 2004; Jůza a kol, 2009). Početnost a následně i mortalita se nejčastěji zjišťuje u ročníků 2+, 3+ a starších, jelikož jsou dobře zachytitelné jedním lovným nářadím a v populaci je jich poměrně velké množství (Spindler, 1995).

3. 3. 2. 1 Zjištění mortality z následných početností

3. 3. 2. 1. 1 Značení ryb

V ČSR metodu značení ryb začal používat Oliva (1955). Značení spočívá v odstřížení části paprsků ploutve, které neovlivňuje přežití, růst ani pohyblivost ryb. Během sezóny dochází k regeneraci ustřižené části ploutevních paprsků, nicméně přetrvává schopnost značku rozpoznat až do smrti ryby (rozdílný tvar ploutevních paprsků). Metoda patří mezi skupinové značení a neumožňuje tak rozpoznání jednotlivých jedinců ryb (Pivnička a Švátora, 1988).

A. Uzavřené populace

- i. metoda dle Petersena
- ii. metoda dle Schnabelové
- iii. ostatní metody

B. Otevřené populace

- i. metoda dle Jolly-Seber
- ii. ostatní metody

A. Uzavřené populace

Předpoklady uzavřené populace a značkovacího odhadu:

1. početnost populace je konstantní
2. všichni jedinci (značení i neznačení) mají stejnou pravděpodobnost chycení
3. značení neovlivňuje mortalitu
4. nedochází ke ztrátě značek
5. všechny značky jsou zachyceny a objeveny
6. odlov je prováděn náhodně a každý jedinec má stejnou možnost ulovení

i. Metoda dle Petersena

Nejjednodušší metoda značení ryb. Znamená označit v prvním odlovu určité množství jedinců, vypustit je zpět do nádrže a následně provést v krátkém časovém období další odlov a zjistit množství značených ryb. Metoda je založena na předpokladu, že poměr značených a neznačených ryb v náhodném vzorku je stejný jako poměr známého množství značených ryb v populaci. Tuto metodu začal

používat C. G. J. Petersen již v roce 1896 (Ricker, 1975). Odhad početnosti lze stanovit pomocí vzorce.

$$N=(M + 1)*(C + 1)/R + 1 \quad (3. 3. 2. 1. 1. 1)$$

M – počet značených ryb

C – množství ryb v úlovku

R – počet zpětně ulovených značených ryb

ii. Metoda dle Schnabelové

Rozšířením Petersenovy metody o další série odlovů vznikla metoda dle Schnabelové. Každý odlov zahrnuje zjištění předešlých značek a vypuštění zpět do nádrže. Používáme pouze jeden druh značek, abychom odlišili pouze značené a neznačené ryby (Pine a kol, 2003).

$$N= \sum_{t=1}^s (C_t M_t) / \sum_{t=1}^s R_t \quad (3. 3. 2. 1. 1. 2)$$

s - počet odlovů v sérii

t – číslo odlovu v sérii

Značení ryb se může uplatnit v nádržích s průmyslovým odlovem, nebo se provádí na trdlišťích při tření ryb. Pro zjištění mortality je nutné provést odhad početnosti několikrát po sobě. Přežití a následně i mortalita se stanoví ze dvou po sobě jdoucích četností dle vzorce 3. 1. 2.

Kromě uvedených předpokladů musí být splněny dále tyto podmínky (Ricker, 1975) :

- rovnoměrné rozptýlení značených ryb mezi neznačené
- počet značených ryb i pozdější výlov musí dosahovat jistých minimálních hodnot. Robson a Regier (1964) uvádí nomogram pro odhad množství značených a chycených ryb nutný k tomu, aby výsledek odhadu byl s 95% pravděpodobností správný při odchylce $\pm 25\%$ od skutečné hodnoty
- reprezentativnost odlovů (selektivita použitého lovného náradí nesmí významnou měrou zvýhodňovat určitou skupinu ryb, rovnoměrné prolovení celé nádrže)
- relativní krátkodobost odhadu (jakmile se pokus prodlužuje, musíme počítat jak s mortalitou, tak s natalitou a získané odhady korigovat, je také třeba počítat s růstem ryb, které se pak stávají ulovitelnými pomocí sítí, se kterými pracujeme)

iii. ostatní metody

Mezi další metody využívající značení ryb v uzavřených populacích se řadí metoda dle Chapmana, (Pivnička, 1978), Darrocha (Youngs a Robson, 1978).

B. Otevřené populace

i. Metoda dle Jolly - Seber

Tato metoda je aplikací metody dle Schnabelové do otevřené populace, v které je možná natalita, mortalita a migrace ryb. Metodou můžeme zjistit velikost populace, mortalitu, doplněk (Pine a kol, 2003). Hlavní změnou oproti metodě Schnabelové je zahrnutí informace, kdy byla značená ryba naposledy chycena. V praxi to znamená, že ryba je po ulovení prohlédnuta na přítomnost značky, označena novou značkou a vypuštěna zpět do nádrže. Podrobnější popis metody nalezneme u Pine a kol (2003).

Předpoklady:

1. každý jedinec (značený i neznačený) v populaci v i-tém úlovku má stejnou pravděpodobnost ulovení
2. všichni značení jedinci mají stejnou pravděpodobnost přežití
3. značky se nesmí ztrácet
4. nelze rozlišit migraci a doplněk (emigraci x mortalitu) bez dodatečných informací
5. emigrace je stálá

ii. ostatní metody

Mezi další metody zjištění mortality v otevřených populacích patří například metody Cormack – Jolly - Seber, Brownie, Hoenig (Pine a kol 2003).

3. 3. 2. 1. 2 Úlovek na jednotku rybářského úsilí (CPUE)

Principem CPUE metody je, že úlovek na jednotku úsilí je úměrný velikosti populace. Několik po sobě jdoucích odlovů se následně projeví v poklesu úlovku na

jednotku úsilí. Rybářské úsilí může být konstantní nebo se může měnit. Metoda je často používána jako relativní ukazatel populační velikosti (Pine a kol, 2003).

3. 3. 2. 1. 3 Přímé počítání

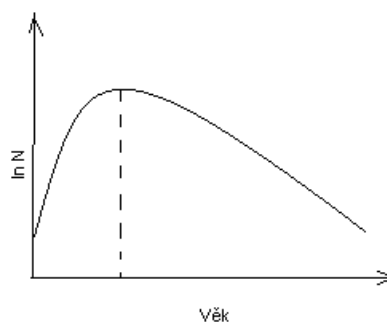
Přímé počítání (Pivnička, 1978) patří mezi nejpřesnější metody odhadu. Je používáno pouze příležitostně, kde je to možné, např. u tažných ryb, při výlovech hospodářských rybníků apod. Určitým druhem přímého počítání jsou rovněž hydroakustické odhady početnosti (Simmonds a MacLennan, 2005)

3. 3. 2. 2 Výlovové křivky

Jsou grafickým znázorněním věkového či délkového složení výlovů. Toto znázornění začal využívat již na začátku minulého století T. Edser (Ricker, 1975). Na jeho práci navázal Heincke (Ricker, 1975) a později ve 20. letech minulého století i Baranov (Pivnička, 1978), který pojmenoval toto grafické znázornění jako výlovové křivky, když dával do grafů logaritmické zobrazení

početnosti proti délce ryb. Později se místo délek začal používat věk ryb, neboť předpoklad konstantního přírůstku ve všech věkových třídách je splněn málokdy (Ricker, 1975). V současné době se využívá logaritmické zobrazení četnosti každé věkové skupiny (King, 1995) nebo odhad velikosti v určitém věku za použití von Bertalanffyho růstového modelu a vypočítává se relativní početnost každé věkové třídy v úlovku.

Ukázka tvaru výlovové křivky je zobrazena na obr. 2. Levá stoupající část křivky představuje věkové třídy (0+, 1+), které nejsou kvantitativně chytány použitými metodami, nebo jsou velmi málo loveny ve vztahu k jejich početnosti (Ricker, 1975). Pravá sestupující část křivky představuje proporcionálně tu část populace, která je již lovným nářadím zachycena (vzhledem k celé populaci). Proto pouze pravá část



Obr. 2 Ukázka tvaru výlovové křivky (Pivnička, 1978).

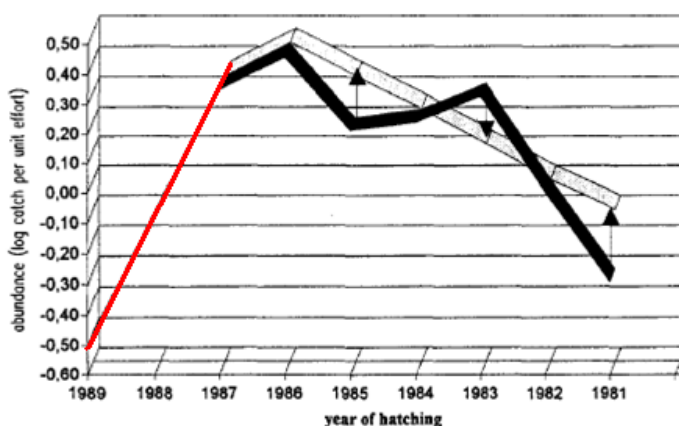
křivky je reprezentativní pro určení skladby populace a výpočty mortality a přežití. Čím pozvolněji klesá tato část výlovové křivky, tím menší úmrtnost lze očekávat.

Předpoklady lineárního průběhu výlovových křivek

1. přežívání je konstantní ve všech sledovaných věkových skupinách
2. věkové skupiny, které doplňují odlovovanou část populace, jsou stále stejně silné
3. výlov (mortalita) je konstantní a pokud se mění, mění se i doplněk (výsledkem je stále stejná strmost sledované výlovové křivky)
4. všechny věkové skupiny jsou loveny se stejnou účinností

Jakýkoliv odklon od výše uvedených předpokladů znamená nelineárnost pravé části výlovové křivky. Předpoklad konstantního doplnku způsobuje velké rozdíly v odhadu mortality. Síla jednotlivých ročníků je v praxi často rozdílná zejména ve vnitrozemských vodách, kde jsou podmínky méně stabilní než v moři. Většina studií ukazuje, že rozdíly mohou být i dvaceti až třicetinasobné (Nikolskij, 1965; Kubečka, 1990; King, 2007; Skov a Nilson, 2007; Scharf, 2008; Kahl a kol., 2008). Kolísání početnosti odráží podmínky

reprodukce a přežití během rané části života (Borovkov a Serebryakov, 2009). Reprezentativnost výlovové křivky vzhledem ke skutečnému věkovému složení dané populace je nutné posuzovat z hlediska všech uvedených předpokladů a tato křivka je tak zejména ve



Obr. 3. Výlovová křivka cejnka malého (*Blicca bjoerkna*) (Spindler, 1995.)

sladkovodních systémech pouze užitečnou abstrakcí umožňující provádět možné předpovědi o mortalitě (Pivnička, 1978). Její využití je omezené a lze jí využít spíše jen u nádrží se stálou obsádkou (obvykle velká přirozená jezera).

Na obr. 3 je zachycena výlovová křivka, která ukazuje nepravidelný průběh a zřetelné odchylky od lineárního průběhu přežití v jednotlivých věkových třídách.

Rozdíly mohou být patrně způsobeny různou silou ročníků naznačených na ose x. Pokud jsou tyto síly ročníků příliš odlišné, nelze výlovové křivky použít k výpočtům přežívání. Nepravidelnou křivku lze po proložení regresí nahradit lineárním průběhem, přičemž předpokládaná výsledná průměrná mortalita se od skutečné bude lišit v závislosti na míře vlivu uvedených faktorů ovlivňujících linearitu.

3. 3. 2. 3 Virtuální analýzy populace

Virtuální analýza populace (VPA) využívá záznamy o úlovku z předešlých let a dokáže modelovat odhady populační velikosti a mortality. Metodou můžeme odhadovat velikost ročníku, mortalitu v různých fázích života. Virtuální analýzu lze využít k modelování populace předešlých období i k předpovědím vývoje populací (Pine a kol, 2003). Problém této metody spočívá v určení velikosti počáteční populace ryb. A v požadavku vysoké míry rybářského využití populace (vysokého podílu těžby na populaci).

3. 4 Výpočet průměrných měr mortality našich hojných druhů ryb

Hodnoty mortality byly získány z publikací uveřejněných na internetových serverech a rozbořem starších článků. Při analýze bylo zjištěno, jakou metodou byla tato data sbírána a následně jaká metoda byla použita pro stanovení mortality. Hodnoty mortality, které nebyly do celkového průměru započítány, jsou označeny symbolem „+“ v názvu nádrže. Důvody vyloučení těchto hodnot jsou komentovány dále. Prázdná pole v tabulkách „X“ označují ročník, který nebyl odchycen v dostatečném množství pro odhad mortality. V případě, že autor uváděl rozmezí hodnot pro danou věkovou kategorii jako např. Mills a Hurley (1990), byly do celkového průměru zadávány obě krajní hodnoty.

Při zhodnocení výsledků bylo použito programu statistika 8. 1. Z analýzy byly vyloučeny ryby věkové kategorie 0+ z důvodů objasněných v kapitole 3. 3. 2. Pro lepší přehlednost je na obr. 4 uvedena časová osa s vyznačeným místem, od kterého je mortalita posuzována. Mortalitou 1+ ryb se tedy rozumí úmrtnost mezi druhým

a třetím kalendářním rokem života (2+ mezi 3. a 4. atd.). Většina dat o abundanci je obvykle získávána v létě.



Obr. 4. Časová osa s vyznačeným počátkem analýzy.

4. Výsledky

4. 1 Plotice obecná (*Rutilus rutilus*)

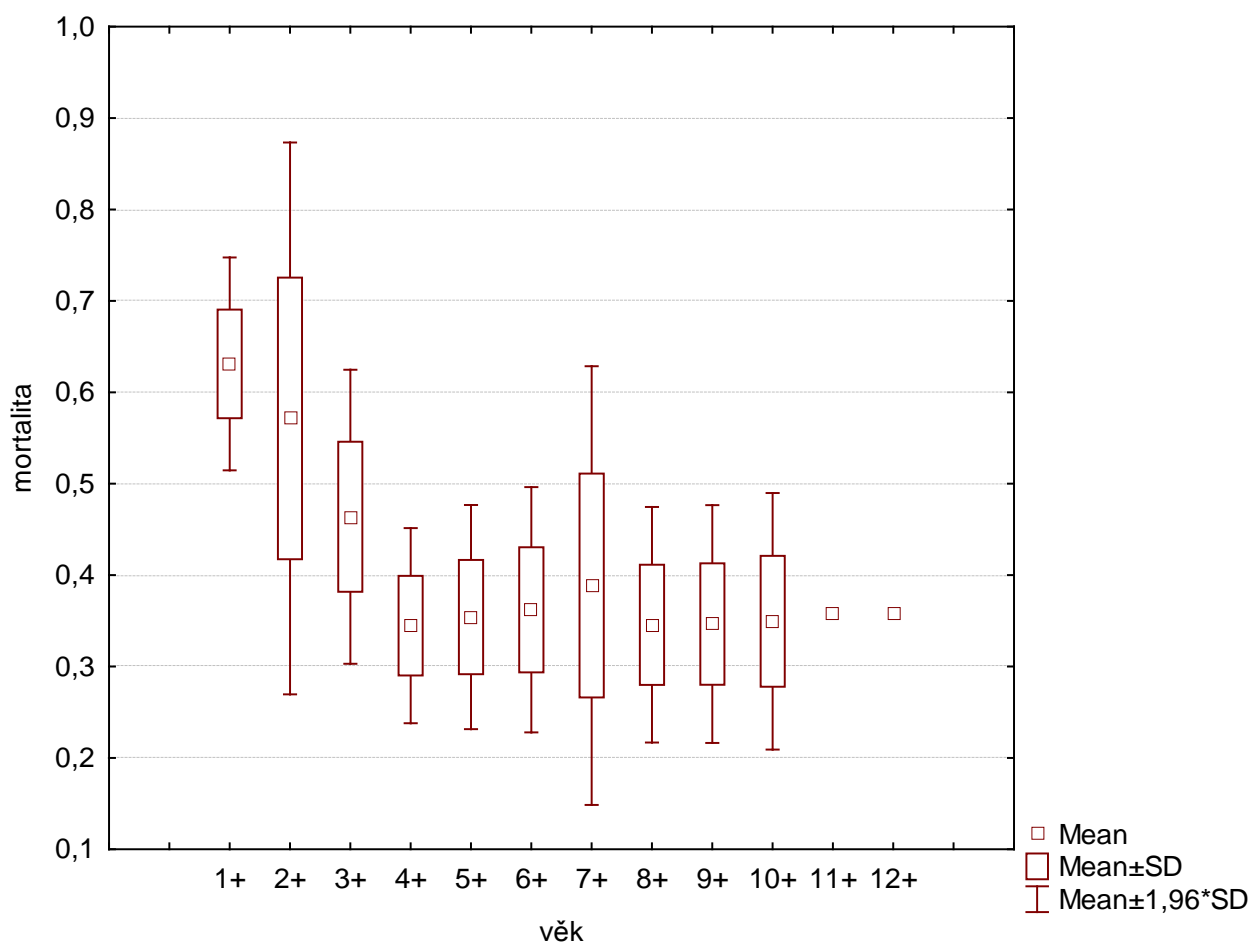
Plotice je velmi úspěšný druh se širokým potravním spektrem, široce rozšířený přes celou Evropu a je velmi hojný v mnoha jezerech a nádržích. Všechny věkové kategorie plotice mají vliv na druhovou skladbu a hojnost zooplanktonu, tím ovlivňují i kvalitu vody v nádrži (Sedša a Kubečka, 1997). Úspěšnost doplňku plotice je ovlivněna hlavně teplotou v době tření, dostatkem výtěrového substrátu, kolísáním vodní hladiny a v neposlední řadě množstvím predátorů (Mann, 1973). Síla jednotlivých ročníků a doplňku může proto velmi dramaticky kolísat během let (Jůza a kol., 2009). Tření může být méně úspěšné v hlubokých korytovitých jezerech s nedostatkem mělkých míst či v nádržích se změnou vodní hladiny. Klesající vodní hladina má za následek zničení jiker v litorální zóně (Kahl a kol., 2008).

Hlavní metodou odlovu jsou v případě plotice tenatní odlovy, které byly použity na všech lokalitách s výjimkou Římova (Hladík, 1999) a jezera Schuchye (Kalyagin a Kaljagina 1986), kde bylo použito záťahových sítí a dále řeky Stour (Mann, 1973), kde bylo kromě tenat použito elektrického agregátu a záťahových sítí. Pro zjištění mortality bylo použito výlovových křivek v kombinaci s metodou značení.

Mortalitu plotice na jednotlivých lokalitách a průměrné hodnoty udává tab. 1. Hodnota mortality z jezera Schuchye 1980 (Kalyagin a Kaljagina, 1986) nebyla do průměru započítána, jelikož vykazuje velmi vysokou mortalitu, která byla patrně ovlivněna průmyslovým výlovem a celkově se vymyká v některých letech běžným hodnotám (i přes 0,9). Hodnota mortality z Mušovské nádrže (Libosvářský a Saed 1984) nebyla do celkového průměru započtena z důvodu zhodnocení malého množství ryb. Dále nebyla započtena do průměru hodnota mortality z Klíčavské nádrže (Holčík, 1967), protože autor udává, že na některých rybách byla pozorována nákaza. Navíc podrobnější sledování Pivničky a Švátory v následujících letech ukazuje pro stejné ročníky podstatně nižší hodnoty míry mortality. Po srovnání mortality plotice na našich nádržích s průměrnou hodnotou mortality jsem zjistil vyšší mortalitu na Klíčavě (Holčík, 1967) a Mušově (Libosvářský a Saed, 1984). Vyšší hladina mortality na Klíčavské nádrži může být způsobena pozorovanou nákazou, nebo také vyšším počtem dravých druhů ryb. Vysoké hodnoty průměrné mortality na Mušově jsou patrně způsobeny nevhodným odběrem vzorků. Tenata byla ve vodě od

10 do 14 hodin, kdy mohla být většina ryb méně aktivní. Navíc autoři udávají, že vzorek čítal pouze 571 jedinců.

Průběh průměrných hodnot mortality jednotlivých ročníků plotice můžeme vidět na obr. 5. Mortalita plotice ve stáří 1+ je ještě poměrně silně ovlivněna podmínkami okolního prostředí a pohybuje se okolo 0,7. Nižší hodnota 0,589 z Římovské nádrže (Hladík, 1999) může být způsobena méně vhodnou metodou odběru vzorků (odběr pomocí záťahových sítí), kdy byla prolovena pouze malá část plochy nádrže. V následujících dvou ročnících je patrný pokles mortality směrem k hodnotám v rozmezí 0,3 – 0,4. Plotice od stáří 4+ poté vykazuje konstantní hladinu mortality, která výrazně nekolísá a pohybuje se okolo 0,4.



Obr. 5. Průběh mortality plotice v jednotlivých ročnících.

Tab. 1. Mortalita plotice v jednotlivých ročnících

Místo/ročník	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	Sběr dat	Metoda	zdroj
+ Schuchye 1980	0,762	0,562	0,922	0,883	0,682	0,719	0,989	X	X	X	X	X	Z	CPUE	Kalyagin a Kaljagina 1986
Schuchye 1981	0,673	0,489	0,534	0,284	0,363	0,401	0,61	X	X	X	X	X	Z	CPUE	Kalyagin a Kaljagina 1986
Římov	0,589	0,476	0,44	0,439	0,456	0,466	0,427	0,434	0,437	0,452	X	X	Z	značení	Hladík 1999
+Klíčava	0,643	0,708	X	X	0,844	0,523	0,602	X	X	X	X	X	T	značení	Holčík 1967
Temže	X	0,749	0,523	0,301	0,261	0,261	0,250	0,250	0,251	0,251	X	X	T, Z	v. křivka	Williams 1965
Stour	X	X	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	E, T, Z,	v. křivka	Mann 1973
Klíčava	X	X	X	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	0,334	X	X	T	značení	Pivnička a Švátora 1988
Klíčava	X	X	X	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	X	X	T	značení	Pivnička a Švátora 2001
+Mušov	X	X	X	X	X	X	0,62	0,68	0,58	X	X	X	T	v. křivka	Libosvářský a Saeed 1984
+Mušov	X	X	X	X	X	X	0,62	0,58	0,64	X	X	X	T	v. křivka	Libosvářský a Saeed 1984
Průměr	0,631	0,571	0,463	0,344	0,354	0,362	0,388	0,345	0,346	0,349	0,358	0,358			
SD	0,059	0,154	0,082	0,054	0,062	0,068	0,122	0,065	0,066	0,071					

E= lov ryb elektřinou, T= tenata, Z= zátahy, X= bez záznamu, + = hodnota nebyla vzata do průměru

4. 2 Okoun říční (*Perca fluviatilis*)

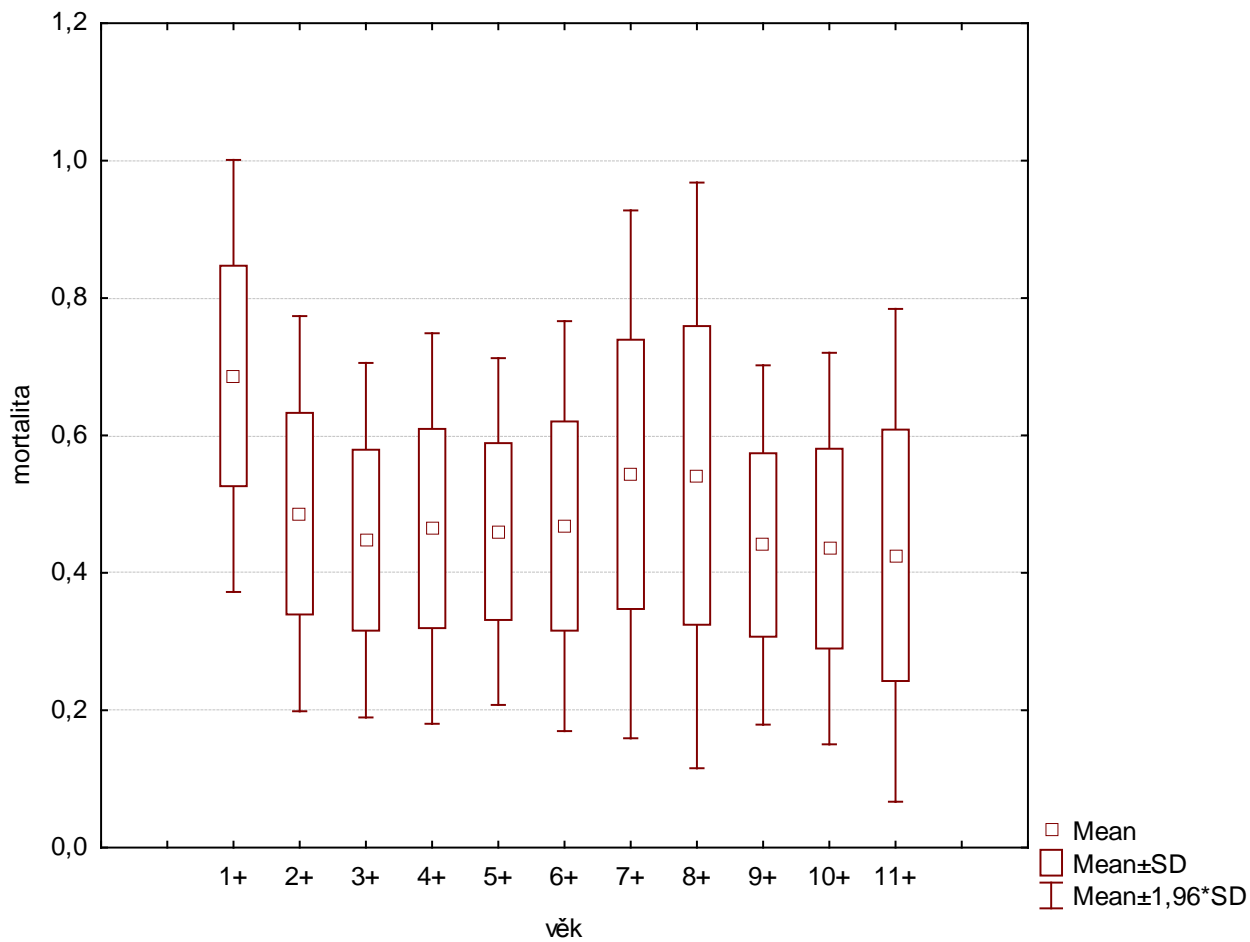
U okouna se vyskytuje přirozeně řízená změna velikostní struktury, od dominance několika velkých kanibalistických jedinců k početné skupině malých jedinců tzv. cyklické kolísání okouní populace (Kubečka a Bohm, 1991; Pivnička a Švátora, 2001). To může mít za následek změnu ve složení rybí obsádky a následně i změnu ve složení a velikosti zooplanktonu (Scharf, 2008).

K nejčastěji používaným metodám sběru dat okouna patří tenata a zátahy zátahovými sítěmi, je také využíváno pastí v době tření, nebo lovu ryb elektřinou. Mezi hlavní metody zjištění mortality patří značení a výlovové křivky, můžeme se ale také setkat s metodou využívající změny na jednotku rybářského úsilí (CPUE).

Mortalita jednotlivých ročníků okouna na různých lokalitách je uvedena v tab. 2. Do celkového průměru nebyly vzaty hodnoty z jezera Horkkjarvi (Rask a Arvola, 1985) a ze švédských jezer Ängersjön, Trehömingen, Bjännsjön (Heibo a Magnhagen, 2005). Tyto jezera jsou totiž charakteristická svojí jednodruhovou obsádkou (bez predátorů). Hodnota mortality z řeky Dunaj nebyla do celkového průměru také započtena, mortalita je zde ovlivněna činností člověka. V roce 1976 bylo jezero Windermere (Le Cren, 1987) zasaženo epidemií, proto opět není tato mortalita zahrnuta do celkového průměru.

Průběh mortality okouna můžeme sledovat na obr. 6. Úmrtnost ročníku 1+ běžně dosahuje vysokých hodnot okolo 0,8. Důvodem vysoké mortality může být velmi častý kanibalismus. Mortalita ročníků 2+ a 3+ klesá k hodnotě okolo 0,45. V následujících ročnících se mortalita pohybuje v rozmezí 0,45 – 0,5 a nevykazuje výrazné změny.

Po srovnání průměrných hodnot mortality okouna s mortalitou na našich nádržích, vykazoval vyšší hodnoty mortality okoun pouze na Klíčavě (Holčík, 1969; Pivnička a Švátora, 1988; 2001). To by mohlo být způsobeno vyšším množstvím dravců v nádrži.



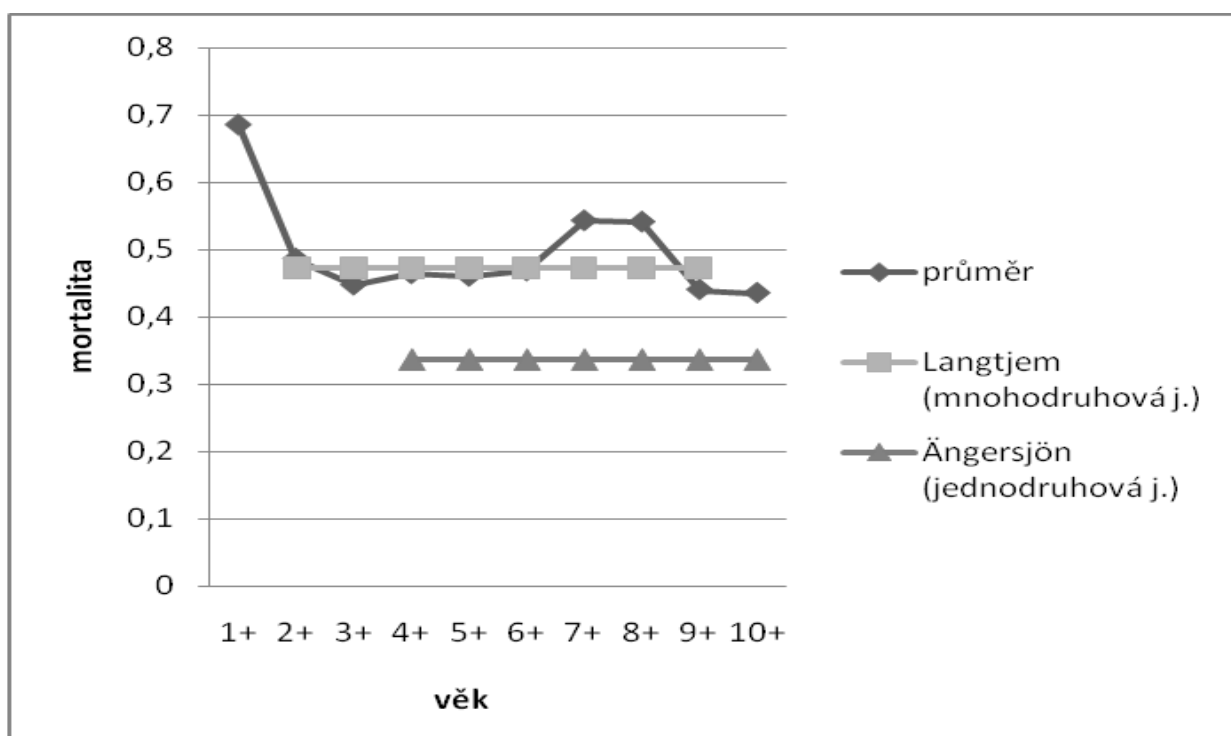
Obr. 6. Průběh mortality okouna v jednotlivých letech

Tab. 2. Mortalita okouna v jednotlivých ročnících.

Místo/ročník	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	Sběr dat	metoda	zdroj
Schuchye 1980	0,46	0,873	0,37	0,634	0,433	0,372	0,609	0,99	X	X	X	X	X	Z	CPUE	Kalyagin a Kaljagina 1986
Schuchye 1981	0,489	0,25	0,395	0,679	0,251	0,208	0,664	0,816	X	X	X	X	X	Z	CPUE	Kalyagin a Kaljagina 1986
Klíčava, 1963	0,64	0,62	0,25	0,61	0,61	0,81	X	X	X	X	X	X	X	P, T	značení	Holčík 1969
Klíčava, 1964	0,42	X	X	0,32	0,52	0,53	0,94	X	X	X	X	X	X	P, T	značení	Holčík 1969
Římov	0,801	0,425	0,384	0,372	0,473	0,533	0,82	X	X	X	X	X	X	Z	značení	Hladík 1999
Munskjoen	0,77	0,621	0,623	0,23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T	značení	Linlokken 1995
Klíčava	0,8	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	0,574	X	X	X	X	X	X	P, T, Z	značení	Pivnička a Švátora 2001
Klíčava	X	0,529	0,529	0,529	0,529	0,529	0,529	X	X	X	X	X	X	P, T, Z	značení	Pivnička a Švátora 1988
Alinen Mustajarvi	X	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	X	X	X	X	X	X	X	P, T	značení	Rask a Arvola 1985
+Horkkjarvi	X	0,2-0,3					X	X	X	X	X	X	X	P, T	značení	Rask a Arvola 1985
Windermere, 1955	X	0,259-0,316										X	X	T	CPUE	Mills a Hurley 1990
Windermere, 1968	X	0,457-0,670										X	X	T	CPUE	Mills a Hurley 1990
Záskalská	X	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	0,821	X	X	X	X	X	X	T, Z	značení	Švátora 1981
+Dunaj	X	X	0,804	0,444	0,401	0,664	X	X	X	X	X	X	X	E, Z	značení	Guti 1993
Temže, 1961	X	X	0,44-0,63					X	X	X	X	X	X	T, Z	v. křivka	Williams 1965
Temže, 1962	X	X	0,2-0,47				X	X	X	X	X	X	X	T, Z	v. křivka	Williams 1965
Windermere, 1975	X	X	0,41-0,5								X	X	X	P, T, Z	CPUE	Le Cren 1987
+Windermere, 1976	X	X	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	X	X	X	P, T, Z	CPUE	Le Cren 1987
Langtjern	X	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472	X	X	X	X	T, Z	v. křivka	Heibo a Vøllestad 2002
+Ängersjön	X	X	X	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	0,337	T, Z	v. křivka	Heibo a Magnhagen 2005
+Trehömingen	X	X	X	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	0,341	T, Z	v. křivka	Heibo a Magnhagen 2005
+Bjännsjön	X	X	X	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	0,346	T, Z	v. křivka	Heibo a Magnhagen 2005
Fisksjön	X	X	X	0,41-0,55								X	T, Z	v. křivka	Heibo a Magnhagen 2005	
Průměr	0,686	0,486	0,447	0,464	0,460	0,468	0,543	0,541	0,440	0,435	0,425					
SD	0,160	0,146	0,131	0,144	0,118	0,152	0,196	0,217	0,133	0,145	0,183					

E= lov ryb elektřinou, T= tenata, Z= zátahy, X= bez záznamu, + = hodnota nebyla vzata do průměru

Za porovnání stojí také hodnoty mortality v jednodruhových jezerech Alinen Mustajarvi, Ängersjön... a jezerech s multidruhovou obsádkou Horkkjarvi, Langtjern..., které jsou uvedeny na obr. 7. Společně je s nimi znázorněna průměrná hodnota. Mortalita jednodruhových jezer je výrazně menší, někdy až o 40%. Rask a Arvola (1985) uvádí, že štika dokáže způsobit až 2/3 mortality. V případě nepřítomnosti jiného dravce určuje mortalitu patrně kanibalismus, který však málo ovlivňuje starší ročníky.



Obr. 7. Porovnání mortality okouna na jednodruhových a multidruhových jezerech s průměrnou hodnotou.

4. 3. Cejn obecný (*Abramis brama*)

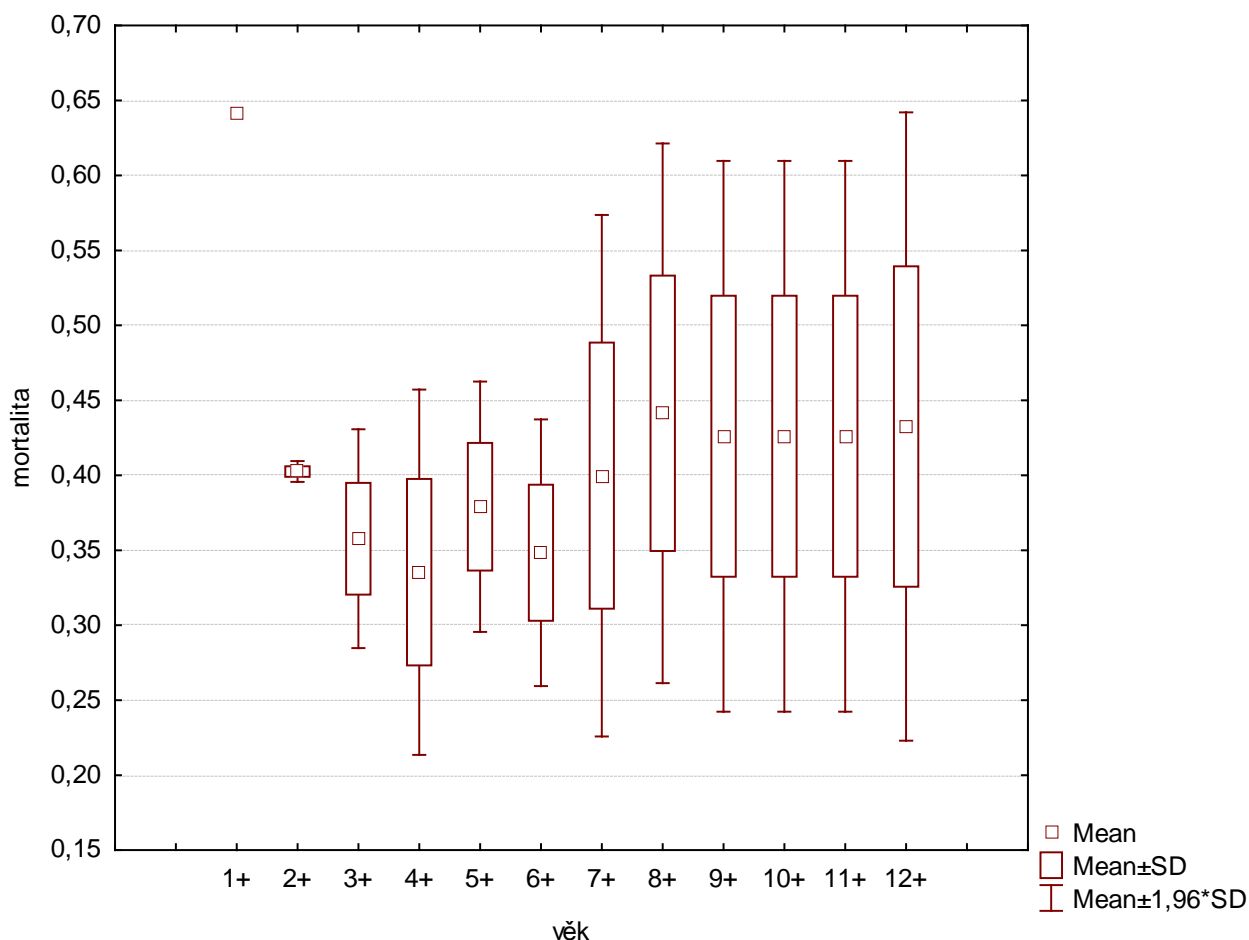
Cejn je jednou z nejhojnějších ryb v nádržích mírného pásma. Vyšší množství cejna v nádrži vede ke změně složení zooplanktonu a následnému zhoršení kvality vody. Bohužel zatím bylo provedeno poměrně málo studií týkajících se mortality cejna.

Hlavní metodou odlovu cejna jsou zátahy zátahovou sítí. Sloof a De Zwart (1983) také použili pastí. Nejčastější metodou pro odhad mortality cejna jsou

výlovové křivky. Pouze Bíro (1978) použil metodu CPUE.

Hodnoty mortality z Dunaje (Balon, 1963) nebyly do celkového průměru započítány z důvodu nedostatečné početnosti ryb ve vzorku. Úmrtnost z Orlické přehrady (Závěta, 1990) také nebyla započtena do průměru. Důvodem je pravděpodobné spojení přírodní a rybářské mortality. Do průměru nebyly započteny ani hodnoty z řeky Waal, Lek a Rhine, kde byl, jak autoři sami uvádějí, vyšší stupeň mortality způsobený znečištěním lokality.

Průběh mortality cejna u jednotlivých ročníků můžeme vidět na obr. 8. Pro první 3 ročníky se nepodařilo nashromáždit dostatek dat k lepšímu zhodnocení. Následující ročníky 4+ až 6+ vykazují konstantní mortalitu, která se pohybuje okolo hodnoty 0,35. Další ročníky 7+ - 12+ vykazují zvýšení mortality k hodnotě okolo 0,45 a také zvýšení rozptylu. Přesnější posouzení průběhu mortality cejna komplikuje nedostatek podrobnějších dat.



Obr. 8. Průběh mortality cejna v jednotlivých ročnících.

Tab. 3. Mortalita cejna v jednotlivých ročnících.

místo	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	Sběr dat	metoda	zdroj
Římov	0,641	0,405	0,343	0,276	0,407	0,315	0,338	0,518	X	X	X	X	Z	značení	Hladík 1999
Ilmen	X	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	X	Z	v. křivka	Tjurin 1962
Balaton	X	X	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	X	X	X	X	X	Z	CPUE	Bíró 1978
+Dunaj	X	X	0,65-0,71							X	X	X	Z	v. křivka	Balon 1963
+Orlík	X	X	X	X	0,42	0,45	0,618	0,727	0,619	0,375	0,9	X	Z	v. křivka	Závěta 1990
+Orlík	X	X	X	X	0,655	0,544	0,779	0,533	0,857	X	X	X	Z	v. křivka	Závěta 1990
+Orlík	X	X	X	X	0,54	0,616	0,593	0,541	0,588	0,143	X	X	Z	v. křivka	Závěta 1990
+Orlík	X	X	X	X	X	0,527	0,598	0,771	0,875	X	X	X	Z	v. křivka	Závěta 1990
Braassem	X	X	X	X	X	X	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983
Ijssel	X	X	X	X	X	X	0,34-0,53					P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983	
+Waal	X	X	X	X	X	X	0,58-0,67					P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983	
+Lek	X	X	X	X	X	X	0,47-0,58					P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983	
Meuse	X	X	X	X	X	X	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983
+Rhine	X	X	X	X	X	X	0,53-0,71					P, Z	v. křivka	Sloof a De Zwart 1983	
Průměr	0,641	0,402	0,357	0,335	0,379	0,348	0,399	0,441	0,426	0,426	0,426	0,432			
SD		0,003	0,037	0,062	0,042	0,045	0,088	0,091	0,093	0,093	0,093	0,106			

E= lov ryb elektrinou, T= tenata, Z= zátahy, X= bez záznamu, + = hodnota nebyla vzata do průměru

4. 4. Dravé druhy

Štika a candát jsou dravé druhy ryb, které se často využívají ke snižování početnosti planktonožravých druhů ryb (plotice, cejn..). Nižší množství planktonožravých druhů v nádrži pozitivně ovlivňuje složení a velikost zooplanktonu a následně i kvalitu vody v nádrži. Účinnost tohoto biomanipulačního opatření bývá ale často snižována vysokou mortalitou a kanibalismem dravců samotných v juvenilních fázích vývoje (Grimm, 1983).

Mezi hlavní metody odlovu vzorků ryb v případě dravců patří tenata. Pro zjištění mortality bylo použito výlovových křivek (Griffiths a kol. 2004) Irwin a kol (2008), Pierce a Tomcko (2003) použili metodu CPUE.

Pro nedostatek vhodných dat nebylo možno spočítat celkový průměr mortality dravých druhů ryb.

Mortalita štiky a candáta je uvedena v tab. 4. Zajímavá je mortalita candáta, která je jak na ruském jezeře, tak i na jezeře Oneida velmi nízká. To by mohlo být způsobeno dosažením určité velikosti, ve které je pro většinu ostatních predátorů neulovitelný.

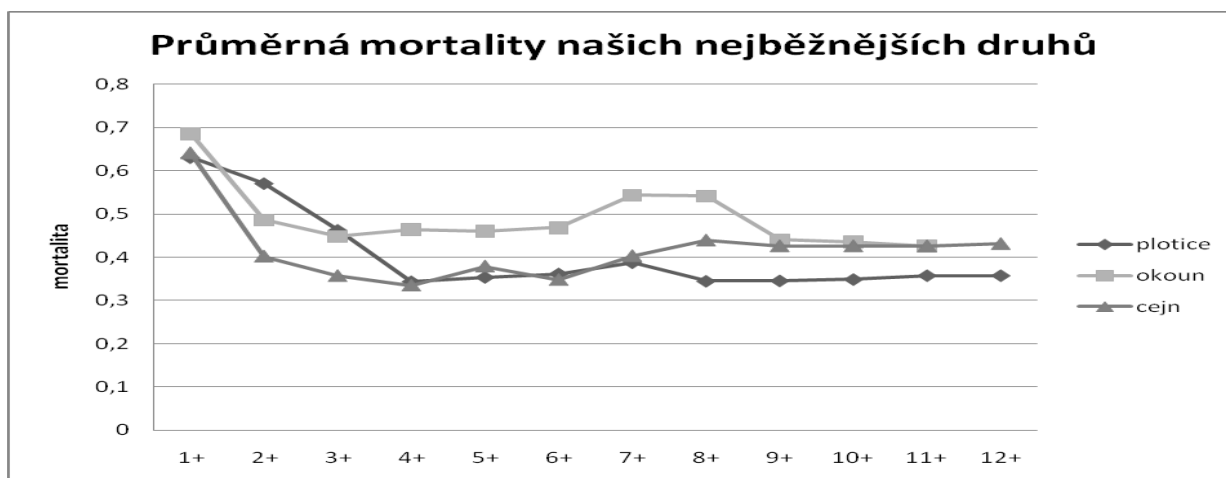
Tab. 4. Mortalita dravých druhů ryb.

druh/ročník	místo	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	Sběr dat	metoda	zdroj
štika	Ontario	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	X	X	X	X	X	X	X	T	v. křivka	Griffiths a kol. 2004
	jezera v Minesotě	0,36-0,63						X	X	X	X	X	X	T	CPUE	Pierce a Tomcko, 2003
candát	Azovské moře	X	X	X	X	0,12	0,23	0,33	0,32	0,34	0,39	0,27	0,45	0	v. křivka	Nikolskiy, 1974
	Oneida, 1958	X	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	X	X	X	X	X	X	T, Tr	CPUE	Irwin a kol 2008
	Oneida, 1959	X	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	X	X	X	X	X	X	T, Tr	CPUE	Irwin a kol 2008
	Oneida, 1997	X	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	X	X	X	X	X	X	T, Tr	CPUE	Irwin a kol 2008
	Oneida, 2002	X	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	X	X	X	X	X	X	T, Tr	CPUE	Irwin a kol 2008

T= tenata, Tr =tral, X= bez záznamu, 0= bez záznamu

5. Diskuze

Srovnání mortality našich nejběžnějších druhů ukazuje obr. 9. Z grafu je patrné, že okoun vykazuje nejvyšší průměrnou hodnotu mortality ve stáří 4+ - 8+. Cejn a plotice vykazují podobný trend vývoje mortality v průběhu života, který se odlišuje až u ročníku 7+, kdy cejn překvapivě vykazuje vyšší úmtnost než plotice. Obecný charakter všech tří křivek je podobný. Jednotlivé druhy ryb se od sebe signifikantně neliší ($DF= 2$, $F= 3,2736$, $p= 0,050877$). Ve stáří 1+ se mortalita pohybuje v rozmezí 0,6 – 0,7 a poměrně rychle klesá na hodnoty okolo 0,5 u okouna a 0,35 u plotice a cejna. Průběh průměrných hodnot mortality ze všech srovnávaných lokalit ukazuje tendenci k ustáleným hodnotám po čtvrtém roku života. Je pravděpodobné, že pokud jsou v tomto období života na jednotlivých lokalitách pozorovány výrazné meziroční výkyvy mortality, tak je to kvůli metodickým nepřesnostem zjištění spíše nežli z důvodů biologických. Toto ustálení mortality ukazuje, že předpoklad konstantní úmrtnosti po mnoho let života používaný v řadě prací (Pivnička a Švátora, 1988; 2002; Hladík 1999...) má reálný základ. Sebrané literární údaje neumožnily vysledovat obecný trend zjištění mortality ve vysokém věku. Starší ryby jsou v nádržích málo početné a zjišťování jejich stáří je obtížné (velký počet ročních značek, malépřírůstky ve vysokém věku) a zjišťování početnosti těchto skupin je rovněž nesnadné. Pozitivním zjištěním tohoto srovnání je to, že do stáří 12+ ke zvýšení mortality kvůli senescenci pravděpodobně nedochází u žádné ze sledovaných druhů.



Obr. 9. Srovnání průběhu mortality našich nejběžnějších druhů.

6. Závěr

Hlavním důvodem pro zjišťování mortality je stanovení vývoje populace ryb. Výsledky můžeme poté využít pro vytvoření nejvhodnějšího postupu při řízení vývoje rybí obsádky v jednotlivých nádržích a k ochraně ohrožených druhů.

Zjišťování mortality prodělalo za poslední dobu výrazný pokrok. Neustálé zlepšování a zavádění nových metod pro odlov vzorku ryb nám dává větší přehled o populacích ryb v nádrži a následně jejich úmrtnosti. Přesto lze říci, že údaje o důležitých sladkovodních druzích jsou stále fragmentární a zatížené vysokou variabilitou. Tato variabilita zahrnuje jak rozdíly mezi druhy, tak i náhodnou chybu jednotlivých stanovení. Vysoká variabilita mortality způsobila také nemožnost nalezení průkaznosti rozdílů mezi různými druhy.

Každá z metod pro zjištění mortality ryb má svá úskalí. U každé metody musí být splněno mnoho faktorů, aby odhad byl co nejpřesnější. Dosažení těchto podmínek je však v praxi téměř nemožné. Přesto se jako nejvhodnější jeví metoda odhadu mortality pomocí značení ryb. Výhodou metody je ovlivnitelnost některých předpokladů pro získání co nejpřesnějšího odhadu.

Mortalita ryb je ovlivněna mnoha různými faktory, např. predací, nemocemi, hladověním, parazity a abiotickými faktory (množství O_2 , pH...). Jako nejvýznamnější faktor se u juvenilních stádií projevuje predace a hladovění. U starších ročníků se jako nejvýznamnější faktor jeví predace, což by mohla dokládat i nižší mortalita na některých severských jednodruhových jezerech.

Naše nejběžnější druhy ryb plotice, cejn a okoun vykazují společný trend průběhu mortality, který je shodný s křivkou „A“. To znamená vysokou mortalitu v juvenilní fázi vývoje, která rychle klesá. Po dosažení čtvrtého roku života se mortalita ustálí a dále nevykazuje větších rozdílů.

Průběh mortality candáta vykazuje podobný trend jako u nedravých druhů ryb s tím rozdílem, že po dosažení určité velikosti dochází k dalšímu snížení mortality. To je patrně dáno snížením úmrtnosti vlivem predace.

7. Literatura

- BALON, E. K. Altersstruktur der Populationen und Wachstumsgesetzmässigkeiten der Donaubrachsen (*Abramis brama*, *A. sapa*, *A. ballerus*). Sborník VŠCHT, Technologie vody. 1963, č. 7, s. 459-542.
- BARUŠ, V., PAVLOV, D.S., NEZDOLIJ, V.K., GAJDŮŠEK, J. Downstream fish migration from the Mostišťe and Věstonice Reservoirs (ČSSR) in spring. *Folia Zoologica*. 1985, **34**, 75-87.
- BARUŠ, V., GAJDŮŠEK, J., PAVLOV, D.S., NEZDOLIJ, V.K. Downstream fish migration from the Mostišťe and Věstonice Reservoirs (ČSSR) in the springsummer period. *Folia Zoologica*. 1986, **35**, 79-93.
- BARUŠ, V., OLIVA, O. Fauna ČR a SR. Mihulovci a ryby (1). *Academia, Praha*, 1995, s. 21-428.
- BÍRO, P. Yield-per-recruit estimates for bream (*Abramis brama* L.) in lake Balaton, Hungary. *Aquacultura Hungarica*. 1978, no. I, s. 80-95.
- BIRO, P. A., POST, J. R. PARKINSON, E. A. (2003) Population consequences of a predator-induced habitat shift by trout in whole-lake experiments. *Ecology*, 84, 691–700.
- BOROVKOV V. A., and SEREBRYAKOV V. P. Fluctuations of Cod (*Gadus morhua*) Year-class Strength in the North Atlantic in Relation to the Spawning Stock Biomass and Survival Conditions. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 2009 18: 25.
- COLOMBO, R. E., a kol. Harvest of Mississippi River sturgeon drives abundance and reproductive success: a harbinger of collapse?. *J. Appl. Ichthyol.* 2007, no. 23, s. 444-451.
- ELLIOTT, J. M. A 25-year study of production of juvenile sea-trout, *Salmo trutta*, in an English Lake District stream. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1993 118: 109–122.
- GRIFFITHS, R. W., NEWLANDS, N.K., NOAKES, D. L. G., BEAMISH, F. W. H. Northern pike (*Esox lucius*) growth and mortality in a northern Ontario river compared with that in lakes: influence of flow. *Ecology of Freshwater Fish*. 2004, no. 13, s. 136-144.
- GRIMM, M. P. Regulation of biomass of small (<14cm) northern pike (*Esox lucius* L.) with special reference to the contribution of individuals stocked as fingerlings (4-6 cm). *Fish. Mngmt*. 1983, no. 14, s. 115-134.
- GUTI, G. Mortality, growth and diet of perch *Perca fluviatilis* L. in the Cikola branch system of the Szigetköz area, River Danube. *Arch. Hydrobiol.* 1993, no. 128, s. 317-327.
- HEIBO, E., MAGNHAGEN, C. Variation in age and size at maturity in perch (*Perca fluviatilis* L.), compared across lakes with different predation risk. *Ecology of Freshwater Fish*. 2005, 14: 344–351.
- HEIBO, E., VØLLESTAD, L. A. Life-history variation in perch (*Perca fluviatilis* L.) in five neighbouring Norwegian lakes. *Ecology of Freshwater Fish*. 2002, no. 11, s. 270-280.
- HLADÍK, M., 1999: Analýza vývoje rybí populace na vodárenské nádrži Římov. Diplomová práce PŘFUK, Praha.
- HOLČÍK, J. The natural history of perch - *Perca fluviatilis* Linnaeus 1758 in the Klíčava reservoir. *Pr. Lab. Ryb.* 1969, no. 2, s. 269-305.
- HOLČÍK, J. Life history of the roach - *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) in the Klíčava valley reservoir. *Věstník Československé Společnosti Zoologické*. 1967, no. 3, s. 213-229.
- HOLČÍK, J., 1970: The Klíčava reservoir. *Biologické práce* 15: 1-90.

- IRWIN, B. J., et al. Estimating walleye (*Sander vitreus*) density, gear catchability, and mortality using three fishery-independent data sets for Oneida Lake, New York . Can. J. Fish Aquat. Sci. . 2008, no. 65, s. 1366-1378
- JŮZA, T., VAŠEK, M., KUBEČKA, J., SEĎA, J., MATĚNA, J., PRCHALOVÁ M., PETERKA, J., ŘÍHA, M., JAROLÍM, O., TUŠER, M., KRATOCHVÍL, M., ČECH, M., DRAŠTÍK, V., FROUZOVÁ, J., HOHAUSOVÁ, E., Late summer open water fry communities in a canyon-shaped reservoir. Journal of Limnology, 2009, 68,2: 304-314.
- KAHL, U., HÜLSMANN, R., RADKE, J., BENDORF, J., The impact of water level fluctuations on the year class strength of roach. Implications for fish stock management. *Limnologica*, 2008, 38, 258–268.
- KALYAGIN, L. F., KALJAGINA, N. F., Chisleenost I ikhthiomass okunya, plotvy I pelyadi v Ozere Schuchyem. In: Alimov A. F. Issledovaniye vzimosvyazi kormovoy bazy I ryboproduktivnosti. 1986, *Nauka, Leningrad*, 154-176.
- KING, M., 1995: Fisheries biology, assessment and management. Fishing news books. Iowa State University Press, Ames, IA.
- KING, M., Fisheries biology, Assesment and Management. (second edition). *Blackwell Publishing*. 2007, 1-5, 172-238.
- KUBEČKA, J., 1989: Popisný model rybí abundance, biomasy, racionu a produkce ve vodárenské nádrži (1989). Kandidátská práce, ÚKE ČSAV, Č.Budějovice.
- KUBEČKA, J., Ichtyofauna řeky Malše a nádrže Římov. *Jihočeské Muzeum v Českých Budějovicích přírodní vědy*. 1990,
- KUBEČKA, J. A case of an extremely low share of the 0-age group on the total biomass, production and ration of the perch (*Perca fluviatilis*) population. *Acta Soc. Zool. Bohemoslov.*. 1991, 55, s. 114-119.
- KUBEČKA, J., BOHM, M. Ichthyofauna of Lake Jordan, one of the oldest man-made lake in Central Europe. *J. Fish Biol.* 1991, no. 38, s. 935-950.
- KUBEČKA, J., MATĚNA, J., PETERKA, J. 2003: Sampling of the fish stock of the open water of the reservoirs, Vzorkování rybích obsádek údolních nádrží. *Vodní hospodářství (Water management)* 10/2003: 273-275.
- LE CREN, E. D. Perch (*Perca fluviatilis*) and Pike (*Esox lucius*) in Windermere from 1940 to 1958; Studies in Population Dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1987, no. 44, s. 216-228.
- LIBOSVÁRSKÝ, J., SAEED, D. W. Biometrics and population braekdown in roach. *Acta Sc. Nat. Brno*. 1984, no. 18, s. 1-44.
- LINLØKKEN, A.; SEELAND P. A. H. Growth and production of perch (*Perca fluviatilis* L.)responding to mass removal. *Ann. Zool. Fennici*. 1995, 33: 427 – 435.
- MANN, R.H.K. Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach *Rutilus Rutilus* (L.) in two rivers in southern England. *J.Fish Biol.*. 1973, no. 5, s. 707-736.
- MAY, R.C.,. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept.. In: J.H.S. Baxter (ed.) *Life History of Fish*. 1974, pp. 3-19.
- MCGURK, M. D. Natural mortality of marine pelagic eggs and larvae: role of spatial patchiness. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*. 1986, no. 34, s. 227-242.
- MILLS, C. A., HURLEY, M. Long-term studies on the Windermere populations of perch (*Perca fluviatilis*), pike (*Esox lucius*) and Arctic charr (*Salvenilus alpinus*). *Freshwater Biology*. 1990, no. 23, s. 119-136.

MOOIJ, W. M., VAN DENSEN, W. L. T., LAMMENS, E. H. R. R. Formation of year-class strength in the bream population in the shallow eutrophic Lake Tjeukemeer. *Journal of Fish Biology*. 1996, 48, s. 30-39.

NIKOLKIY, G. V. Teorija dynamiky stada ryb. Moskva. 1965, 1-380.

NIKOLSKIY, G. V. Teorija dinamiki stada ryb. *Pishchevaya promyshlennost, Moscow*. 1974, 444pp.

OLIVA, O. Složení rybích populací a množství biomasy ve třech polabských tůních. *Acta Univ. Carol. Biologica*. 1955, č. 1, s. 61-74.

PAVLOV, D.S., BARUŠ, V., NEZDOLIJ, V.K., GAJDŮŠEK, J. 1987. Downstream fish migration from Mostišťe and Věstonice Reservoirs. *Acta Sc. Nat. Brno* 21, 1- 64.

PIERCE, R. B., TOMCKO, C. M. Interrelationships among production, density, growth and mortality of Northern Pike in seven north-central Minnesota lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*. 2003, no. 132, s. 143-153.

PINE, W. E., et al. A review of tagging methods for estimating fish population size and components of mortality. *Fisheries research*. 2003, no. 28, s. 10-23.

PIVNIČKA, K., 1978: Ekologie ryb, odhady základních parametrů charakterizujících rybí populace. Univerzita Karlova v Praze. str. 78 – 173.

PIVNIČKA, K., ŠVÁTORA, M. 1988: Living together of Roach and Perch with Respect to their Competition in the Klíčava Reservoir between 1964 – 1986. *Universitas Carolina Environmentalica II.*, No. 1-2, 1988.

PIVNIČKA, K., ŠVÁTORA, M. Long-term Changes in the Klíčava Reservoir Fish Assemblage (Succession, Fecundity, Abundance, Growth, Biomass, Production):A Review. *Acta Universitas Carolinae*. 2001, 15, s. 103-148.

PRCHALOVÁ, M., KUBEČKA, J., ČECH, M., FROUZOVÁ, J., DRAŠTÍK, V., HOHAUSOVÁ, E., JŮZA, T., KRATOCHVÍL, M., MATĚNA, J., PETERKA, J., ŘÍHA, M., VAŠEK, M., The effect of depth, distance from dam and habitat choice on the spatial distribution of fish in canyon-shaped reservoir. 2009, *Ecology of Freshwater Fish*, 18:247-260

RASK, M., ARVOLA, L. The biomass and production of pike, perch and whitefish in two small lakes in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici*. 1985, no. 22, s. 129-136.

RICKER, W. E. Computation and Interpretation of Biological Statistic of Fish Populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*.1975, s. 1 – 202.

RICKER, W. E. Growth rates and models. In HOAR, W. S. , RANDALL, D. J., BRETT, J. R. Fish Physiology. [s.l.] : [s.n.], 1979. Growth rates and models. s. 677-719. ISBN 0-12-350408-2.

ROBSON, D. S., REGIER, H. A. Sample size in Petersen mark-and-recapture experiments. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1964, vol. 93, no. 3, p. 215-226.

ŘÍHA, M., KUBEČKA, J., MRKVIČKA, T., PRCHALOVÁ, M., ČECH, M., DRAŠTÍK, V., FROUZOVÁ, J., HLADÍK, M., HOHAUSOVÁ, E., JAROLÍM, O., JŮZA, T., KRATOCHVÍL, M., PETERKA, J., TUŠER M., & VAŠEK, M. 2009. Dependence of beach seine net efficiency on net length and diel period. *Aquatic Living Resources* 21: 411-418.

ŘÍHA, M., KUBEČKA, J., SEĎA, J., MATĚNA, J., HLADÍK, M., ČECH M., DRAŠTÍK V., 2, FROUZOVÁ J., HOHAUSOVÁ, E., JAROLÍM, O., JŮZA, T., KRATOCHVÍL, M., PETERKA J., PRCHALOVÁ M., TUŠER, M., VAŠEK, M. 2009: Long-term development of fish populations in the Římov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology*.

SCHARF, W. Development of the fish stock and its manageability in the deep, stratifying Wupper Reservoir. *Limnologica*. 2008. 38, s. 248–257.

- SEĎA, J., KUBEČKA, J. Long-term biomanipulation of Rimov Reservoir (Czech Republic). *Hydrobiologia*. 1997, no. 345, s. 95-108.
- SIMMONDS, E. J., MACLENNAN, D. N., 2005. *Fisheries Acoustics*. Wiley-Blackwell, 2nd edition, Oxford.
- SKOV, C., and NILSON P. A. Evaluating stocking of YOY pike *Esox lucius* as a tool in the restoration of shallow lakes. *Freshwater Biology*. 2007, 52, 1834–1845.
- SLOOFF, W., DE ZWART, D. The growth, fecundity and mortality of bream (*Abramis brama*) from polluted and less polluted surface waters in the Netherlands. *The Science of the Total Environment*. 1983, no. 27, s. 149-162.
- SPARRE, P. VENEMA, S. C.,: Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. *FAO fisheries technical paper*, 1998, 306/1, Rome. 407 p.
- SPINDLER, T. The influence of high waters on stream fish populations in regulated rivers. *Hydrobiologia*. 1995, 303, s. 159-161.
- ŠVÁTORA, M. Dynamika rybích populací v Zászkalské nádrži. *UK Praha*, 1981, s. 137.
- TJURIN, P. V. Faktor jestestvennoj smertnosti ryb i jeho značeniye pri regulirovaniji rybolovstva. *Vop. ichtiol.*. 1962, no. 2, s. 403-427.
- VAŠEK, M., KUBEČKA, J., PETERKA, J., ČECH, M., DRAŠTÍK, V., HLADÍK, M., PRCHALOVÁ, M., FROUZOVÁ, J. Longitudinal and vertical spatial gradients in the distribution of fish within a canyon-shaped reservoir. *Intern. Rev. Hydrobiol.* 2004, 89, 352-362.
- WILLIAMS, W. P. The population density of four species of freshwater fish, roach, *Rutilus rutilus* (L.), bleak, *Alburnus alburnus* (L.), and perch, *Perca fluviatilis* (L.) in the River Thames at Reading. *J. Animal Ecol.* 1965, no. 34, s. 173-185.
- YOUNGS, W. D. & D. S. ROBSON. 1978. Estimation of the population number and the mortality rates. In: *Methods for the Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. Bagenal, T.B. (ed.): 137-164. IBP Handbook, 3. Blackwell, Oxford.
- ZÁVĚTA, J. Mortality and rate of survival of the bream (*Abramis brama*) in the Orlík riverine lake between 1980-1983 (Pisces). *Acta Soc. Zool. Bohemoslov.*. 1990, č. 54, s. 220-226.