

## Potrava dravých ryb vodárenských nádrží povodí Moravy

Libor Mikl, Zdeněk Adámek, Luděk Šlapanský, Lucie Všeticková a Pavel Jurajda

### Anotace

Studie byla zaměřena na složení potravy dravých druhů ryb (štika obecná, bolen dravý, sumec velký, candát obecný a okoun říční) na 5 vodárenských nádržích v povodí Moravy vypracované za účelem doplnění podkladů pro posouzení stávajících biomanipulačních opatření a navržení možných modelů, které odrážejí současné podmínky, za nichž lze předpokládat, že budou prováděná biomanipulační opatření výrazně efektivnější.

### Abstrakt

Biomanipulace jsou považovány za jeden ze základních pilířů, kterými je možné ovlivnit jakost vod na vodárenských nádržích. Pro posouzení možností a účinnosti biomanipulačních opatření na vodárenských nádržích v povodí Moravy (Bojkovice, Ludkovice, Landštejn, Nová Říše a Hubenov) proběhly během jarních a letních měsíců v letech 2016 a 2017 kontrolní odlovy ryb (Jurajda et al. 2018). Ryby byly odlovovány s použitím elektrického agregátu a tenatních sítí. Na potravní analýzu bylo celkem odloveno 922 jedinců (dále ind.) dravých ryb: štika obecná (39 ind.), bolen dravý (24 ind.), okoun říční (805 ind.), candát obecný (43 ind.) a sumec velký (11 ind.).

Rybí složka v potravě dravých ryb studovaných vodárenských nádrží, tvořila celkem **75 %** hmotnostního zastoupení z celkově přijaté potravy a dominovaly v ní především kaprovité ryby s **41 %** hmotnostním zastoupením (plotice 15 %, perlín 12 %, cejn 8 %, ouklej 3 %) a okounovité ryby s **20 %** (okoun 15 %, candát 2 %, ježdík 1 %). Druhou nejpočetnější složku potravy tvořili bezobratlí (24 %). Nezanedbatelnou část kořisti predátorů tvořily i samotné dravé druhy ryb **23 %** (okoun 15 %, štika 4 %, candát 3 %, blíže neidentifikovatelné okounovité ryby 1 %). Kanibalismus se na složení potravy dravých druhů ryb podílel celkem **11 %**, u okouna tvořil 15 %, u štiky a candáta shodně 13 %, zatímco u bolena a sumce nebyl zaznamenán.

Výsledky potravních analýz spolu s monitoringem rybích společenstev studovaných nádrží, při němž byl zjištěn poměrně vysoký poměr dravých ku nedravým rybám (Jurajda et al. 2018) naznačují, že za současného stavu biomasy dravých ryb a vstupu nutrientů, mohou biomanipulační opatření sloužit maximálně jako prostředek k zakonzervování současného stavu jakosti vod na vodárenských nádržích, nikoliv jako opatření, které by mohlo významněji přispět ke zlepšení kvality surové vody

Klíčová slova: biomanipulace, dravé ryby, kaprovité ryby, potravní analýza

## The diet of predatory fish in drinking water reservoirs in the Morava River catchment area

### **Annotations**

The study assessed the diet composition of predatory fishes (pike, asp, perch, zander and European catfish) at 5 drinking water reservoirs in catchment of Morava river. We evaluated the diet of predatory fish as a purposeful additional new information to biomanipulation efforts, and we suggested new possible models, reflecting current environmental conditions aimed at more efficient measures applied for raw drinking water accumulation.

### **Abstract**

The biomanipulation is considered as one of the basic pillars, which can influence the water quality status in drinking water reservoirs. We evaluated the diet of 5 native predators with respect to their potential effectiveness in biomanipulation efforts on 5 drinking water reservoirs (Bojkovice, Ludkovice, Landštejn, Nová Říše a Hubenov) in the Morava River catchment area. Fish sampling was conducted during the complex ichthyological survey in late spring months (May and June) in two-year period (2016 - 2017), with the use of electrofishing and gillnets (Jurajda et al. 2018).

In total, 922 predatory fish were examined for food analyses, i.e. 805 perch, 39 pike, 43 zander, 24 asp and 11 European catfish individuals. The diet spectrum of predatory fishes consisted of fish remains (75 % weight proportion) and invertebrates (23 %). The most important prey fish were cyprinids with 41% (roach 15 %, rudd 12 %, bream 8 % and bleak 3 %) and percid fish (perch 15 %, zander 2 % and ruff 1 %). Predatory species made up to 23 % of food, the cannibalism being recorded in 11 % weight proportion (perch 15 % and pike and zander identically 13 %). Cannibalism was not confirmed in asp and European catfish.

The results of fish monitoring documented high quite ratio of predatory to non-predatory fishes (Jurajda et al. 2018) which, together with diet analyses suggested that the biomanipulations can serve as tools for conservation (not improvement) of current water quality in drinking water reservoirs with high nutrient concentrations in the water which originate from the catchment area of reservoirs.

Key worlds: biomanipulations, predatory fish, cyprinids, diet analyses

## Úvod

Nádrže představují člověkem uměle vytvořené habitaty (Jurajda et al. 2018), které přirozeně stárnou a mění se tím z habitatů s čistou vodou, vysokou průhledností a nízkým obsahem živin na nádrže eutrofni až hypertrofni (Adámek et al. 2010). V důsledku toho dochází i k významným změnám celého rybiho společenstva (Randák et al. 2013). K mírnému zlepšení, respektive udržení stávajícího stavu nádrže slouží řada podpůrných opatření - jakými jsou např. vápnění, srážení fosforu anebo biomanipulace (Adámek et al. 2010). Biomanipulace v širším slova smyslu představují ucelený soubor zásahů, kdy jsou úmyslně v celém akvatickém ekosystému měněny potravní sítě zejména prostřednictvím „top-down“ efektu (Seda & Kubecka 1997).

Biomanipulace jsou v současnosti zaměřeny zejména na eliminaci planktonofágních a bentofágních ryb, které svým potravním chováním výrazně narušují/ovlivňují koloběh živin, podporují a dále prohlubují eutrofizaci (Adámek & Maršálek 2013, Jurajda et al. 2016). Redukce nežádoucích kaprovitých ryb (např. plotice obecná, cejn velký, cejnek malý, ouklej obecná, perlín ostrobřichý, karas stříbřitý, kapr obecný) prostřednictvím odlovu a vysazování dravých ryb má za úkol snížení predančního tlaku na velké filtrující druhy zooplanktonu a zvýšení abundance i vyžíracího tlaku velkých filtrujících druhů perlooček (*Daphnia* spp.), které efektivně redukují drobné planktonní řasy ve vodním sloupci, což následně vede k vyšší průhlednosti a snížení nákladů na zpracování surové pitné vody (Randák et al. 2013, Jurajda et al. 2016).

První ucelenou koncepci vysazování dravých ryb v rámci českých nádrží navrhli Lusk & Vostradovský (1978), nicméně v současnosti bylo prokázáno, že pro zajištění účinnosti biomanipulace je nutné vysazovat každý rok minimálně 5 kg dravých ryb na jeden hektar nádrže (Seda et al. 2000). Přesto bez znalosti současného stavu rybiho společenstva na dané nádrži není možné účinně a efektivně naplánovat a realizovat konkrétní biomanipulační opatření. V roce 2016 a 2017 proběhl komplexní ichtyologický průzkum na 5 vodárenských nádrží v povodí Moravy (Jurajda et al. 2018), během kterého byly odebrány vzorky dravých ryb na potravní analýzy za účelem doplnění podkladů pro posouzení účinnosti stávajících biomanipulačních opatření a navržení nových modelů, které odrážejí současné podmínky, za nichž lze předpokládat, že budou prováděna biomanipulační opatření výrazně efektivnější.

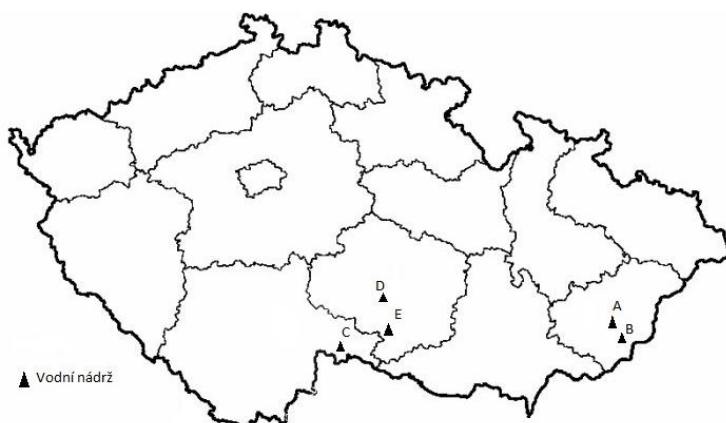


Fig. 1: Lokalizace vodárenských sledovaných vodárenských nádrží v rámci ČR (A = Ludkovice, B = Bojkovice, C = Landštejn, D = Nová Říše, E = Hubenov).

## Metodika

Studie byla prováděna na 5 vodárenských nádržích (Ludkovice, Bojkovice, Landštejn, Nová Říše a Hubenov) v povodí Moravy (Fig. 1.) o velikosti 12.5 – 55.0 ha (Tab. 1, které tudíž patří do kategorie spíše menších nádrží, často s vysokým vstupem nutrientů na přítoku, zejména na níže položených nádržích jako jsou Ludkovice a Bojkovice (Tab. 1).

Ty lze charakterizovat již jako eutrofní. Zbývající nádrže (Landštejn, Nová Říše a Hubenov) leží ve vyšších nadmořských výškách (500 – 600 m, Tab. 1) v méně intenzivně zemědělsky využívané krajině s nižším osídlením a vstupem živin přítokem, proto je lze charakterizovat jako mezo- až mírně eutrofní nádrže. Rybářský management je podřízen využití nádrží jako zdrojů pitné vody a s ohledem na podpůrná biomanipulační opatření je zde tedy možné vysazovat pouze dravé druhy ryb, jako jsou: štika, candát, bolen a sumec.

Odlov ryb na potravní analýzu byl prováděn v rámci komplexního průzkumu rybiho společenstva, který se uskutečnil v měsících květen – červen 2016 a 2017 pomocí elektrolovu a standardizovaných tenat (Jurajda et al. 2018). Elektrolov (EFKO FEG 13000, Honda 13kW, 300 V, 60 A, 50 – 80Hz) byl prováděn z lodě podél břehové linie s ohledem na charakter nádrže (Tab. 1). Na všech sledovaných nádržích byla použita standardizovaná nordická tenata (bentická a pelagická), která byla exponována od soumraku do svítání a jejich počet byl závislý na velikosti a charakteru nádrže (Tab. 1). Všechny ulovené ryby byly určeny do druhu, každá byla změřena s přesností na 1 mm (délka těla, SL) a zvážena s přesností 1 g.

Potravní analýzy byly provedeny u 922 ind. dravých ryb. Ihned po ulovení byly ryby usmrceny a vloženy do chladicího boxu s ledem, aby nedocházelo k dalšímu natrávení potravy (Taraborelli et al. 2010, Mikl et al. 2017). V laboratoři byl vyjmut jejich trávicí trakt, který byl zvážen (s přesností 0.001g) s potravou a bez ní a rozdíl byl považován za množství zkonsumované potravy. Během potravní analýzy byly determinovány jednotlivé typy potravy a každý typ kořisti byl zařazen do nejnižšího možného taxonomického stupně. Výsledky potravních analýz byly sumarizovány nepřímou metodou na základě hmotnostního podílu (%m) podle Manko (2016):

$$\%m = \left( \frac{m_i}{m_t} \right) \times 100$$

kde  $m_i$  je hmotnost potravní složky  $i$  a  $m_t$  je hmotnost všech potravních složek dohromady.

Tab. 1: Základní charakteristiky jednotlivých vodárenských nádrží

| Vodárenská nádrž                               | Bojkovice               | Ludkovice               | Landštejn                      | Nová Říše                      | Hubenov                 |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| GPS lokalizace                                 | 49°3'10"N<br>17°50'52"E | 49°7'28"N<br>17°43'45"E | 49°1'28"N<br>15°14'28"E        | 49°9'19"N<br>15°32'40"E        | 49°23'40"N<br>15°29'7"E |
| objem nádrže (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | 0.965                   | 0.690                   | 3.266                          | 3.090                          | 3.385                   |
| plocha povodí (km <sup>2</sup> )               | 13.8                    | 13.1                    | 12.7                           | 21.3                           | 19.9                    |
| nadmořská výška                                | 320                     | 285                     | 570                            | 555                            | 520                     |
| max. hloubka                                   | 16                      | 15                      | 23                             | 20                             | 19                      |
| plocha (ha)                                    | 15.5                    | 12.5                    | 40.5                           | 53.5                           | 55.0                    |
| průměrná hloubka (m)                           | 6.2                     | 5.5                     | 8.9                            | 5.8                            | 6.2                     |
| chlorofyl-a (µg.l <sup>-1</sup> )              | 17                      | 22                      | 13                             | 8                              | 18                      |
| průměrná letní teplota (°C)                    | 20 – 27°C               | 21 – 26°C               | 19 – 25°C                      | 19 – 24°C                      | 20 – 24°C               |
| elektrolov (m)                                 | 1567                    | 1488                    | 1897                           | 1687                           | 3190                    |
| bentická/pelagická tenata (n)                  | 5 / 5                   | 5 / 5                   | 11 / 5                         | 8 / 5                          | 8 / 5                   |
| vysazované dravé ryby (2011 – 2015)            | štika, candát,<br>sumec | štika, candát,<br>sumec | štika, candát,<br>sumec, bolen | štika, candát,<br>sumec, bolen | candát, sumec,<br>bolen |

## Výsledky

Nejpočetnější vyšetřovanou dravou rybou byl okoun reprezentovaný 805 ind., z nichž 147 bylo 0+ a 658 ind., bylo ≥1+. Vyšetřených candátů bylo 43 ind., 39 štik, 24 bolenů a 11 sumců (Tab. 2). Index naplnění se pohyboval v rozmezí od 0 – 6185 (median 284) a pouze u 19 jedinců z celkového počtu 922 vyšetřených ryb nebyla zjištěna přítomnost žádné potravní složky.

Rybi složka v potravě dravých ryb na sledovaných vodárenských nádržích tvořila celkem 75 % hmotnostního podílu z celkové přijaté potravy (Tab. 3), přičemž nejvyšší podíl tvořily především kaprovité ryby s 41 % hmotnostním zastoupením (plotice 15 %, perlín 12 %, cejn 8 %, ouklej 3 % a blíže neidentifikovatelné kaprovité ryby 2 %, Tab. 3) a okounovité ryby s 20 % (okoun 15 %, candát 2 %, ježdík 1 % a blíže neidentifikovatelné okounovité ryby 1 %).

Natrávené zbytky ryb, které nebylo možno zařadit do žádné vyšší taxonomické skupiny, tvořily 12 %. Druhou nejpočetnější složku potravy tvořili bezobratlí 24 % (Tab. 3). Nezanedbatelnou část kořisti predátorů tvořily i samotné dravé druhy ryb s **23 %** (okoun 15 %, štika 4 %, candát 3 %, blíže neidentifikovatelné okounovité ryby 1 %). Kanibalismus se na složení potravy dravých druhů ryb podílel celkem **11 %**, u okouna tvořil 15 %, u štiky a candáta shodně 13 %, zatímco u bolena a sumce nebyl zaznamenán.

Tab. 2: Počet a velikostní spektrum vyšetřených dravých ryb ulovených na jednotlivých nádržích

| druh                      | velikost [mm SL] | ind. | Bojkovice | Ludkovice | Landštejn | Nová Říše | Hubenov |
|---------------------------|------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| štika obecná              | 55 - 825         | 39   | 4         | 16        | 10        | 1         | 8       |
| bolen dravý               | 95 - 410         | 24   | 8         | 14        | -         | 2         | 2       |
| okoun říční (0+)          | 58 - 75          | 147  | 57        | 24        | 4         | 2         | 60      |
| okoun říční ( $\geq 1+$ ) | 75 - 420         | 658  | 81        | 129       | 236       | 120       | 92      |
| candát obecný             | 90 - 565         | 43   | 12        | 15        | 6         | 7         | 3       |
| sumec velký               | 380 - 960        | 11   | 1         | 2         | 3         | 3         | 2       |
| celkem                    | -                | 922  | 163       | 200       | 259       | 135       | 167     |

V potravě **štiky** dominovaly zejména kaprovité ryby s 60 %, podíl okouna v potravě činil 17 % a štiky 13 %, neidentifikovatelné ryby 8 % a bezobratlí (2 %) tvořili pouze minoritní podíl (Tab. 3). Dominantní složky potravy **bolena** tvořily kaprovité s 45 % a okounovité ryby s 19 % spolu s bezobratlými (19 %) a blíže neidentifikovatelnými zbytky ryb (17 %).

V potravě **okouna 0+** dominovali především bezobratlí se 72 %, kaprovité (12 %) a okounovité ryby (10 %), 6 % tvořily natrávené neidentifikovatelné zbytky ryb (Tab. 3). V potravě **okouna  $\geq 1+$**  tvořili dominantní část potravy vodní bezobratlí (34 %), kaprovité (32 %) a okounovité ryby (23 %), neidentifikovatelné zbytky ryb se na složení potravy podílely 11 %. V potravě **candáta** byl zjištěn vysoký (60 %) podíl okounovitých (okoun 43 %, candát 13 %, ježdík 3 %) a relativně nízký podíl kaprovitých ryb (19 %), zbývající část jeho potravy byla tvořena vodními bezobratlými (14 %) a neidentifikovatelnými zbytky ryb (7 %). Potrava **sumce** byla tvořena z velké části vodními bezobratlými, zejména rakem říčním o délce od 44 do 110 mm, kteří tvořili 38 % hmotnostního podílu. Kaprovité a okounovité ryby se na potravě sumců podílely 34 %, resp. 4 % a natrávené zbytky ryb, které nebylo možné blíže determinovat, tvořily 22 % (Tab. 3).

Na nádrži Bojkovice tvořily nejpočetnější složkou potravy dravců zejména kaprovité ryby s 46 % (dominantní část tvořil cejn 25 % a plotice 17 %, Tab. 5), významněji se uplatnili i bezobratlí (37 %) a okounovité ryby s téměř 11 % (okoun 10 %). Na potravě dravých ryb na nádrži Ludkovice se podílely kaprovité ryby 45 %-ním hmotnostním podílem (cejn a plotice shodně 19 %), přičemž druhou nejvýznamnější složkou potravy byly okounovité ryby s 27 % (okoun 16 %, candát 11 %, Tab. 5). Na nádrži Landštejn tvořily největší podíl potravy dravců kaprovité ryby s 58 % (dominantní byl perlín s 32 % a plotice s 20 %, Tab. 5), naopak okounovité ryby tvořily pouze 9 %. V potravě dravých ryb na nádrži Nová Říše dominovali zejména bezobratlí (hlavně raci s 55 %, Tab. 5), druhou nejčastější složkou tvořily okounovité ryby (21 %) a kaprovité ryby se podílely na složení potravy pouze 14 %. Na nádrži Hubenov tvořily majoritní podíl potravy dravých ryb okounovité ryby (55 %) a naopak kaprovité ryby byly zastoupeny v jejich potravě jen do 10 % (Tab. 5).

Tab. 3: Výsledky potravních analýz (v % hmotnostního podílu) dravých ryb na 5 vodárenských nádržích

| potrava                  | dravci celkem | štika       | bolen       | okoun 0+    | okoun ≥1+   | candát      | sumec       |
|--------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>bezobratlí</b>        | <b>23.5</b>   | <b>2.0</b>  | <b>18.7</b> | <b>72.3</b> | <b>34.6</b> | <b>14.0</b> | <b>39.1</b> |
| <b>kaprovití celkem</b>  | <b>40.9</b>   | <b>60.2</b> | <b>45.3</b> | <b>12.1</b> | <b>31.4</b> | <b>18.6</b> | <b>35.4</b> |
| kaprovití neident.       | 2.7           | 0.6         | 12.6        | 2.5         | 4.0         | 3.7         | 1.0         |
| ouklej obecná            | 2.9           | 0.1         | 18.4        | 1.4         | 4.0         |             | 3.3         |
| cejn velký               | 8.3           | 10.6        | -           | 1.1         | 2.2         | 3.5         | 25.4        |
| plotice obecná           | 14.8          | 12.0        | 14.3        | 5.4         | 20.8        | 11.4        | 4.2         |
| perlín ostrobřichý       | 12.2          | 36.9        | -           | 1.8         | 0.5         | 0.0         | 1.6         |
| <b>okounovití celkem</b> | <b>19.5</b>   | <b>17.4</b> | <b>18.9</b> | <b>10.2</b> | <b>23.1</b> | <b>59.9</b> | <b>3.6</b>  |
| oukonovití neident.      | 0.6           | -           | 1.1         | 1.2         | 1.1         | 1.1         | -           |
| ježdík obecný            | 1.3           | 0.2         | -           | 1.6         | 2.5         | 2.7         | -           |
| okoun říční              | 15.0          | 17.0        | 16.5        | 6.0         | 15.1        | 43.0        | 3.5         |
| candát obecný            | 2.6           | 0.2         | 1.3         | 1.3         | 4.4         | 13.2        | -           |
| štika obecná             | 4.3           | 13.1        | -           | -           | 0.3         | -           | -           |
| ostatní ryby neident.    | 11.6          | 7.4         | 16.9        | 8.3         | 10.7        | 7.5         | 21.9        |

Screeningové sledování potravní reakce dravých ryb na vysazení rychleného candáta ( $Ca_r$ ) na nádrži Landštejn prokázalo, že vysazený rychlený candát byl konzumován ve značném rozsahu okounem (Tab. 4). V poledních hodinách (10 – 13 hod) před vysazením  $Ca_r$  byli nalezeni v potravě okouna (3 hod., CPUE – 12 ind.) pouze bezobratlí (62 %) a neidentifikovatelné zbytky kaprovitých ryb (38 %). V odpoledních hodinách (14 – 17 hod. po prvním vysazení 6 tis.  $Ca_r$  v 13 hod) nebyl plůdek candáta ve vyšetřených okounech nalezen vůbec a okoun se v litorálu nádrže prakticky nezdržoval (3 hod. CPUE – 2 ind.). Do litorálu nádrže najel až v podvečer (1 hod CPUE – 12 ind.) a  $Ca_r$  po druhém vysazení 4 tis. kusů v 19 hod. tvořil celkem **52 %** hmotnostního podílu potravy okouna (Tab. 4). V nočním odlovu (10 hod CPUE – 60 ks) byl rychlený candát ( $Ca_r$ ) zjištěn v potravě okouna v **46 %** hmotnostním podílu s maximem 42 kusů v žaludku jednoho okouna (195 mm SL).

Tab. 4: Výsledky potravních analýz (v % hmotnostního podílu) okounů  $\geq 1+$  po vysazení rychleného candáta na nádrži Landštejn dne 13. 6. 2017, vysazení  $Ca_r$  proběhlo odpoledne (13 hod.) a večer (19 hod.), instalace tenat: dopoledne (10 – 13 hod.), odpoledne (14 – 17 hod.), večer (20 – 21 hod.) a ráno (21 – 7 hod.).

| Potrava                         | <u>před vysazením (<math>Ca_r</math>)</u> | <u>po vysazení (<math>Ca_r</math>)</u> |             |             |
|---------------------------------|---|--|-------------|-------------|
|                                 | dopoledne                                 | odpoledne                              | večer       | ráno        |
| <b>bezobratlí</b>               | <b>62.0</b>                               | <b>70.0</b>                            | <b>13.0</b> | <b>38.2</b> |
| <b>kaprovití celkem</b>         | <b>38.0</b>                               | -                                      | <b>2.0</b>  | <b>1.3</b>  |
| kaprovití neident.              | 38.0                                      | -                                      | 2.0         | -           |
| ouklej obecná                   | -   | -                                      | -           | 1.3         |
| cejn velký                      | -   | -                                      | -           | -           |
| plotice obecná                  | -   | -                                      | -           | -           |
| perlín ostrobřichý              | -   | -                                      | -           | -           |
| <b>okounovití celkem</b>        |   | <b>29.0</b>                            | <b>82.0</b> | <b>52.4</b> |
| okounovití neident.             | -   | -                                      | 0.8         | 2.1         |
| ježdík obecný                   | -   | 2.0                                    | -           | 1.6         |
| okoun říční                     | -   | -                                      | 29.0        | 2.4         |
| candát obecný                   | -   | 27.0                                   | 52.2        | 46.3        |
| štika obecná                    | -   | -                                      | -           | -           |
| ostatní ryby neident.           | -   | 1.0                                    | 3.0         | 8.1         |
| počet vyšetřených okounů (CPUE) | 12  | 2                                      | 12          | 60          |

## Diskuse

Na základě potravních analýz jsme dokumentovali predanční potenciál 5 druhů dravých ryb za účelem doplnění podkladů pro posouzení stávajících biomanipulačních opatření na 5 sledovaných vodárenských nádržích v povodí Moravy. Celkem bylo na potravní analýzu odloveno 922 dravců, přičemž nejpočetnější vyšetřenou rybou byl okoun s 805 ind. (Tab. 2). Výsledky potravních analýz ukázaly, že i přes relativně malou velikost vyšetřených ryb (median: 97 mm SL, resp. 300 mm SL bez započtení okouna 0+), rybí složka tvořila majoritní podíl jejich potravy (75 %).

V souvislosti s touto skutečností byla rybí kořist spíše menší velikosti (14 -195 mm SL). I když obecně platí pravidlo, že s rostoucí velikostí predátora dochází i k nárůstu velikosti pozřené kořisti (Dörner et al. 2007; Didenko & Gurbyk 2016), nelze tento vztah generalizovat přímou úměrou. Např. největší zkonsumovaná kořist - perlín 195 mm SL - byl zaznamenán v potravě středně velké štiky (580 mm SL). Jak dokládají i další studie, od střední velikosti predátora nedochází již k zásadnímu nárůstu velikosti ulovené kořisti, jelikož menší ryby jsou pro dravce snazší kořisti než dospělí jedinci, protože se pohybují přiměřeně pomalu (Lundvall et al. 1999) a čas potřebný pro ulovení s velikostí kořisti významně vzrůstá (Werner 1974).

Výsledky analýz prokázaly, že kaprovité (41 %) spolu s okounovitými (20 %) rybami tvořily majoritní část potravy 5 druhů dravých ryb na sledovaných nádržích (Tab. 3). Kaprovité ryby tvořily dominantní část potravy dravých druhů ryb s tím, že v celkovém pohledu byly nejvíce konzumovanými druhy plotice a okoun, které shodně tvořily 15 % hmotnostního podílu v potravě dravých ryb (Tab. 3).

Složení potravy dravých druhů ryb je odrazem společenstva ryb, kde dravci preferují zejména nejpočetnější a nejsnadněji dostupnou potravu (Webb 1986, Nilsson & Brönmark 2000). Zjištěné výsledky korespondují s řadou studií (Järvalt et al. 2005, Brosse et al. 2007, Říha et al. 2009), které uvádí, že plotice a okoun spolu s cejnem tvoří dominantní část rybiho společenstva ve většině nížinných evropských nádrží a tyto druhy ryb byly zjištěny jako dominantní i na námi sledovaných nádržích (Jurajda et al. 2018).

Druhou nejvýznamnější složku potravy predátorů tvořili vodní i terestriční bezobratlí s 24 % (Tab. 3), kteří představovali dominantní podíl potravy zejména okouna a sumce. Ve složení potravy zbývajících predátorů (štika, bolen, okoun, candát) byli pouze minoritně zastoupeny. V potravě sumce byli bezobratlí zastoupeni výlučně rakem říčním, který byl zaznamenán ve 4 z 11 vyšetřených jedinců. Obecně bezobratlí tvoří podstatnou část potravy především juvenilních stádií predátorů, jejichž predační potenciál je limitován velikostí úst (Dörner et al. 2003, 2007; Didenko & Gurbyk 2016). V případě predátorů větších velikostí tvoří bezobratlí pouze doprovodnou část potravy (Czeglédi & Erős 2013, Gallagher & Dick 2015, Mikl et al. 2017) s výjimkou sumce, u kterého velcí bezobratlí, zejména pak raci, mohou tvořit důležitou část jeho potravy (Wysujack & Mehner 2005, Copp et al. 2009). Překvapivě podstatnou část potravy predátorů tvořily i juvenilní a subadultní dravé druhy ryb s 23 %-ním podílem (Tab. 3). Nicméně kanibalismus se na složení potravy dravých druhů ryb podílel jen v relativně omezené míře, odpovídající v celkovém hodnocení 11 % (Tab. 3). Zjištěné výsledky korespondují s řadou studií (Popova a Sytina 1977, Grimm 1981), které uvádí, že kanibalismus je u ryb poměrně běžný a s velikostí predátora se stává častější. Na druhou stranu kanibalismus nebyl zaznamenán u všech sledovaných dravých ryb – pouze u okouna, candáta a štiky. Podobné výsledky zaznamenali i Kahilainen & Lehtonen (2003) a Kopp et al. (2009), kteří kanibalismus evidovali pouze u okouna a candáta. I když jsme nezaznamenali kanibalismus u bolena a sumce, což mohlo být ovlivněno relativně malou velikostí vzorku, není možné ho zcela vyloučit, i když na druhou stranu, ani jiné studie výskyt kanibalismu u těchto druhů nepotvrdily (Wysujack & Mehner 2005, Krpo-Četković et al. 2010).

Pro posouzení potenciální efektivity biomanipulačních opatření bylo provedeno screeningové sledování potravní reakce dravých ryb na vysazení rychleného candáta ( $Ca_r$ ). Výsledky prokázaly, že vysazovaný candát se stal preferovanou kořistí okouna (Tab. 4). Ve velmi krátkém čase po vysazení se rychlený candát začínal objevovat v potravě okouna  $\geq 1+$  s tím, že nejvyšší míra predace byla zjištěna v podvečerních až nočních hodinách, kdy okoun najíždí za potravními rybami do litorálu (Tab. 4). Vysoká míra predace  $Ca_r$  byla pravděpodobně zapříčiněna ne zcela vhodným (buť záměrně upraveným) načasováním jeho vysazení, kdy bylo ve dvou dávkách vysazeno 6 a 4 tis. kusů  $Ca_r$ , který se následně ve velkých hejnech ukryl v litorálu, kde se stal snadnou a dostupnou kořistí okouna  $\geq 1+$ , který příbřežní mělčiny s výskytem submerzní vegetace využívá v podvečerních a večerních hodinách k lovu (Jacobsen et al. 2002, Dörner et al. 2003).

## Závěr

Rybí složka v potravě dravých ryb na sledovaných vodárenských nádržích tvořila celkem 75 % hmotnostního podílu z celkově přijaté potravy, přičemž kaprovité (41 %) spolu s okounovitými (20 %) rybami tvořili majoritní část potravy 5 druhů dravých ryb (štika, candáta, sumce, bolena a okouna) na sledovaných nádržích. Na druhou stranu podstatnou část potravy predátorů (23 %) tvořily i samotné dravé druhy ryb, na čemž se kanibalismus podílel 11 %. V souvislosti s prováděnými biomanipulačními opatřeními bylo provedeno screeningové sledování potravní reakce dravých ryb (okouna  $\geq 1+$ ) na vysazení rychleného candáta ( $Ca_r$ ), které prokázalo, že vysazování na jednom místě, zvláště v odpoledních hodinách, vede k jeho vysoké predaci okounem.

Ze zjištěných poznatků vyplývá, že pro zvýšenou účinnost podpůrných biomanipulačních opatření je nutné se zaměřit se zejména na: **i)** postupné vysazování dravých ryb  $\geq 2+$ , aby se minimalizovaly ztráty predací, **ii)** vysazování bolena a sumce, kteří vykazují nízkou míru kanibalismu



(Wysujack & Mehner 2005, Krpo-Ćetković et al. 2010) a vysoký predáční tlak na planktonofágní druhy ryb (Jurajda et al. 2015). **iii)** aktivní biomanipulační opatření, zaměřená na odlov nežádoucích druhů ryb (Jurajda et al. 2016).

Na základě monitoringu rybiho společenstva, který prokázal na studovaných nádržích dostatečně vysoký poměr dravých ku nedravým rybám (Jurajda et al. 2018), doplněného o výsledky potravních analýz, vyplývá, že prováděná biomanipulační opatření na sledovaných nádržích mohou sloužit spíše jako prostředek k zakonzervování současného stavu, nikoliv ke zlepšení jakosti vod. Jejich dotace živinami je natolik vysoká a zásadní, že neumožňuje odpovídající uplatnění podstaty biomanipulací, tj. „top-down“ efektu. Je však nutno objektivně připustit, že pokud by tato opatření neprobíhala ve stanoveném rozsahu, byl by průběh eutrofizačních procesů na studovaných nádržích s vysokou pravděpodobností významně akcelerující.

## Literatura

Adámek Z., J. Helešic, B. Maršálek and M. Rulík, 2010: Aplikovaná Hydrobiologie. Fakulta rybářství a ochrany vod Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 327 – 332 pp.

Adámek Z., and M. Maršálek, 2013: Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: a review. *Aquaculture International*, 21(1), 1 – 17.

Brosse S., G.D. Grossman and S. Lek, 2007: Fish assemblage patterns in the littoral zone of a European reservoir. *Freshwater Biology*, 52, 448 – 458.

Copp G.H., J.R. Britton, J. Cucherousset, E. García-Berthou, R. Kirk, E. Peeler and S. Stakenas, 2009: Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish (*Silurus glanis*) in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10, 252 – 282.

Czeglédi I., and T. Erős, 2013: Characterizing the long-term taxonomic and functional variability of a stream fish assemblage. *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie*, 183 (2), 153 – 162.

Dörner H., and A. Wagner, 2003: Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey. *Journal of Fish Biology*, 62, 1021-1032.

Dörner H., S. Hülsmann, F. Hölker, C. Skov and A. Wagner, 2007: Size-dependent predator-prey relationships between pikeperch and their prey fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 16, 307 – 314.

Didenko A.V. and A.B. Gurbyk, 2016: Spring diet and trophic relationships between piscivorous fishes in Kaniv Reservoir (Ukraine). *Folia Zoologica*, 65 (1), 15 – 26.

Gallagher C.P. and T.A. Dick, 2015: Winter feeding ecology and the importance of cannibalism in juvenile and adult burbot (*Lota lota*) from the Mackenzie Delta, Canada. *Hydrobiologia*, 757, 73 – 88.

Grimm M. P., 1981: Intraspecific predation as a principal factor controlling the biomass of northern pike (*Esox lucius*). *International Aquatic Research*, 12 (2), 77 – 79.

Jacobsen L., S. Berg, M. Broberg, N. Jepsen and CH. Skov, 2002: Activity and food choice of piscivorous perch (*Perca fluviatilis*) in a eutrophic shallow lake: a radio-telemetry study. *Freshwater Biology*, 47, 2370 – 2379.

Järvalt A., T. Krausem and A. Palm, 2005: Diel migration and spatial distribution of fish in a small stratified lake. *Hydrobiologia*, 547, 197 – 203.

Jurajda P., Z. Adámek, Z. Valová, M. Janáč and K. Roche, 2015: Fish community and fisheries management of Brno Reservoir following revitalisation measures. *Folia Zoologica*, 64 (2), 112 – 122.

Jurajda P., Z. Adámek, M. Janáč, K. Roche, L. Mikl, L. Rederer, V. Koza, T. Zapletal and J. Špaček, 2016: Use of multiple fish-removal methods during biomanipulation of a drinking water reservoir - Evaluation of the first four years. *Fisheries Research*, 173, 101 – 108.

Jurajda P., M. Janáč, K. Roche, L. Mikl, L. Šlapanský, I. Krechler, Z. Adámek, Z. Jurajdová and K. Halačka, 2018: Fish communities of five drinking water reservoirs in the Morava river basin. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 66 (3), 655 – 663.

Kahilainen K., and H. Lehtonen, 2003: Piscivory and prey selection of four predator species in a whitefish dominated subarctic lake. *Journal of Fish Biology*, 63, 659 – 672.

Kopp D., J. Cucherousset, J. Syväranta, A. Martino, R. Céréghino and F. Santoul, 2009: Trophic ecology of the pikeperch (*Sander lucioperca*) in its introduced areas: a stable isotope approach in southwestern France. *Comptes Rendus Biologies*, 332, 741 – 746.

Krpo-Ćetković J., A. Hegediš and M. Lenhardt, 2010: Diet and grow of asp *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), in the Danube River near the confluence with the Sava River (Serbia). *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 513 – 521.

Lundvall D., R. Svanback, L. Persson and P. Bystrom, 1999: Size-dependent predation in piscivores: interactions between predator foraging and prey avoidance abilities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56, 1285 – 1292.

Lusk S., and J. Vostradovský, 1978: Ryby a rybářské hospodaření na vodárenských nádržích. *Vertebratologické zprávy* 1978, 20–28.

Manko P., 2016: Stomach content analysis in freshwater fish feeding ecology. University of Prešov, 116 pp.

Mikl L., Z. Adámek, K. Roche, L. Všeticková, L. Šlapanský, and P. Jurajda, 2017: Invasive Ponto-Caspian gobies in the diet of piscivorous fish in a European lowland river. *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie*, 190 (2), 157 – 171.

Nilsson P.A., and C. Brönmark, 2000: Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos*, 88, 539 – 546.

Popova O. A., and L.A. Sytina, 1977: Food and feeding relations of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in various waters of the USSR. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34, 1559 – 1570.

Randák T., O. Slavík, J. Kubečka, Z. Adámek, P. Horký, J. Turek, J. Vostradovský, M. Hladík, J. Peterka, J. Musil, M. Prchalová, T. Jůza, M. Kratochvíl, D. Boukal, M. Vašek, J. Andreji and P. Dvořák, 2013: Fisheries in Open Waters. FROV JU, Vodňany, 432 pp.

Říha M., J. Kubečka, M. Vašek, J. Seda, T. Mrkvička, M. Prchalová, J. Matěna, M. Hladík, M. Čech, V. Draštík, J. Frouzová, E. Hohausová, O. Jarolím, T. Jůza, M. Kratochvíl, J. Peterka and M. Tušer, 2009: Long-term development of fish populations in the Římov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 16, 121 – 129.

Seda J., and J. Kubečka, 1997: Long-term biomanipulation of Rimov Reservoir (Czech Republic). *Hydrobiologia*, 345(2–3), 95–108.

Seda J., J. Hejzlar, and J. Kubečka, 2000: Trophic structure of nine Czech reservoirs regularly stocked with piscivorous fish. *Hydrobiologia*, 429, 141 – 149.

Taraborelli A.C., M.G. Fox, T.B. Johnson and T. Schaner 2010: Round goby (*Neogobius melanostomus*) population structure, biomass, prey consumption and mortality from predation in the Bay of Quinte, Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 36, 625 – 632.

Webb P.W., 1986: Effect of body form and response threshold on the vulnerability of four species of teleost prey attacked by largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43, 763 – 771.

Werner E.E., 1974: The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31, 1531 – 1536.

Wysujack K., and T. Mehner, 2005: Can feeding of European catfish prevent cyprinids from reaching a size refuge? *Ecology of Freshwater Fish 2005*, 14, 87 – 95.

## Přílohy

Tab. 5. Výsledky potravních analýz (v % hmotnostního podílu) dravých druhů ryb na jednotlivých vodárenských nádržích.

| potrava                  | Bojkovice   |             |             |             |             | Ludkovice   |             |             |             |             | Landštejn   |       |             |             |       | Nová Říše |       |             |        |            | Hubenov     |       |             |             |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|
|                          | štika       | bolen       | okoun       | candát      | sumec       | štika       | bolen       | okoun       | candát      | sumec       | štika       | bolen | okoun       | candát      | sumec | štika     | bolen | okoun       | candát | sumec      | štika       | bolen | okoun       | candát      | sumec       |
| bezobratlí               | -           | 19.6        | 82.4        | 15.2        | 60.0        | -           | 14.2        | 14.3        | 2.0         | -           | 0.1         | -     | 29.9        | 10.3        | 27.7  | -         | -     | 46.8        | 100    | 88.3       | 10.0        | -     | 28.7        | 0.1         | -           |
| <b>kaprovití celkem</b>  | <b>77.0</b> | <b>37.8</b> | <b>11.0</b> | <b>38.0</b> | <b>40.0</b> | <b>21.9</b> | <b>93.3</b> | <b>38.3</b> | <b>20.9</b> | <b>86.3</b> | <b>82.9</b> | -     | <b>49.0</b> | -           | -     | -         | -     | <b>17.7</b> | -      | <b>6.8</b> | <b>2.9</b>  | -     | <b>14.5</b> | <b>8.5</b>  | <b>21.5</b> |
| kaprovití neident.       | -           | -           | 2.5         | -           | -           | 0.5         | 54.0        | 2.3         | 9.7         | -           | 0.1         | -     | 3.2         | -           | -     | -         | -     | 7.8         | -      | -          | 2.9         | -     | 1.2         | -           | 21.5        |
| ouklej obecná            | -           | 20.1        | 0.4         | -           | -           | 0.6         | 12.1        | 4.2         | -           | 13.0        | -           | -     | 9.0         | -           | -     | -         | -     | 0.1         | -      | -          | -           | -     | 0.2         | -           | -           |
| cejn velký               | 56.2        | -           | -           | -           | 25.0        | 11.1        | -           | -           | 9.0         | 73.4        | -           | -     | 2.3         | -           | -     | -         | -     | 3.1         | -      | -          | -           | -     | 2.7         | -           | -           |
| plotice obecná           | 20.8        | 17.7        | 7.4         | 38.0        | 15.0        | 21.0        | 2.8         | 33.2        | 2.2         | -           | 10.6        | -     | 34.1        | -           | -     | -         | -     | 4.5         | -      | -          | -           | -     | 10.3        | 8.5         | -           |
| perlín ostrobřichý       | -           | -           | 0.8         | -           | -           | -           | -           | 0.7         | -           | -           | 72.2        | -     | 0.4         | -           | -     | -         | -     | 0.8         | -      | 6.8        | -           | -     | 0.2         | 0.0         | -           |
| <b>okounovití celkem</b> | <b>16.9</b> | <b>23.0</b> | <b>5.2</b>  | <b>14.3</b> | -           | <b>18.1</b> | <b>7.5</b>  | <b>39.7</b> | <b>77.2</b> | -           | <b>13.8</b> | -     | <b>4.7</b>  | <b>83.6</b> | -     | -         | -     | <b>29.8</b> | -      | -          | <b>25.8</b> | -     | <b>35.6</b> | <b>91.4</b> | <b>74.7</b> |
| okounovití neident.      | -           | -           | -           | 3.7         | -           | -           | 4.9         | -           | 0.6         | -           | -           | -     | 0.2         | -           | -     | -         | -     | 0.6         | -      | -          | -           | -     | 4.5         | -           | -           |
| ježdík obecný            | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 7.0         | -           | -           | -     | -           | -           | -     | -         | -     | 3.9         | -      | -          | 1.2         | -     | 8.8         | -           | 2.4         |
| okoun říční              | 16.9        | 21.3        | 5.2         | 10.6        | -           | 17.8        | 2.7         | 17.8        | 41.9        | -           | 13.8        | -     | 4.4         | 31.2        | -     | -         | -     | 24.8        | -      | -          | 24.6        | -     | 21.0        | 91.4        | 72.3        |
| candát obecný            | -           | 1.7         | -           | -           | -           | 1.0         | -           | 21.7        | 27.6        | -           | -           | -     | 0.1         | 52.3        | -     | -         | -     | 0.4         | -      | -          | -           | -     | 1.3         | -           | -           |
| štika obecná             | 6.1         | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | 1.8         | -     | 0.9         | -           | -     | -         | -     | -           | -      | -          | 61.3        | -     | -           | -           | -           |
| ostatní ryby neident.    | -           | 19.6        | 1.5         | 32.5        | -           | 46.9        | 7.7         | 5.1         | -           | 2.7         | -           | -     | 13.9        | 6.1         | 72.3  | 100       | -     | 6.8         | -      | -          | -           | -     | 17.5        | -           | -           |