

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

# VTEI/2023/3

4/ Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod

12/ Společenstvo juvenilních ryb jako vhodný nástroj pro sledování ekologického stavu

46/ Rozhovor s ministrem životního prostředí Mgr. Petrem Hladíkem



# Psali jsme před 60 lety

Ve svých prvních vydáních se časopis VTEI věnoval i zlepšovacím návrhům a vynálezům.

Jak je možné se v dobových písemnostech dočíst, v letech 1958–1959 rozšířil štábní útvar I. náměstka ministra pro vodní hospodářství prostřednictvím speciálního sborníku významné zlepšovací návrhy a vynálezy. Sborník byl dán k dispozici všem vodohospodářským organizacím podle oborové příslušnosti s tím, že měly za povinnost tyto materiály zpřístupnit všem zájemcům, zlepšovatelům, vynálezům, novátorům atd.

Pro zajímavost, tehdejší štábní útvar I. náměstka ministra pro vodní hospodářství vydal k 1. prosinci 1958 seznam tematických úkolů pro vynálezce, zlepšovatele a novátory na rok 1959. Seznam obsahoval 14 nejzávažnějších úkolů vodního hospodářství s termínem do 30. června 1959 na jejich vyřešení. Do tohoto termínu se sešlo 116 návrhů na jejich řešení. Archiválie dále uvádějí, že: „Všechny návrhy budou projednány a podle potřeby provedeny i zkoušky v provozu.“

Níže jen krátký výčet některých zlepšovacích návrhů k zadaným tematickým úkolům:

- *úprava ocelových hradel proti jejich rozevírání a proti poškozování dřevěných trámů u jejich pat,*
- *dimenzování železobetonových konstrukcí na bezpečnost proti trhlinám,*
- *zlepšení pracovního postupu při vyšetřování betonu hrázových těles dynamickou metodou ultrazvukovou,*
- *použití germaniových usměrňovačů pro elektrické brzdění hydroalternátorů,*
- *prefabrikované armaturní šachty,*
- *prefabrikovaný biologický filtr aj.*

Z archivu VÚV TGM

Redakce VTEI



# Obsah



## 3 Úvod

## 4 Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod

Hana Prchalová, Pavel Richter, Petr Vyskoč, Jiří Pícek, Marie Kozlová, Martina Dubská

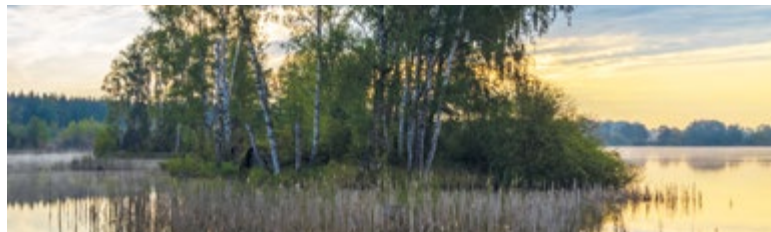


## 12 Společenstvo juvenilních ryb – vhodný nástroj pro sledování ekologického stavu

Libor Mikl, Pavel Stierand, Robert Žalio, Vít Kodeš

## 26 Faktory ovlivňující náklady na výrobu pitné vody

Eva Horváthová



## 32 Vývoj lokalizace rybníků v Polabské nížině od poloviny 19. století – 1. část – Pardubicko

Pavel Richter

## 40 Optimalizační síťový model vodohospodářských soustav a vodárenských systémů

Petr Vyskoč, Jiří Pícek



## 45 Autoři VTEI

## 46 Rozhovor s ministrem životního prostředí Mgr. Petrem Hladíkem

Josef Nistler

## 50 AI – náš první rozhovor

Josef Nistler, Tomáš Pojeta

## 54 Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty

Pavel Fošumpaur





# Vážení čtenáři,

s velkým potěšením vám přinášíme červnové číslo našeho odborného časopisu VTEI. Tento měsíc jsme pro vás připravili osm zajímavých příspěvků, jež se zaměřují na různé aspekty vodohospodářské problematiky a ekologie vodních ekosystémů.

V odborné části se budeme věnovat vývoji rybníků v krajině Polabí na území Pardubicka, který může ukazovat směr pro další oblasti s podobnými přírodními podmínkami. Rovněž velmi zajímavým tématem je článek zaměřený na problematiku společenstva juvenilních ryb jakožto vhodného nástroje pro sledování ekologického stavu, který přinese nové poznatky o stavu vodních ekosystémů a jejich ochraně. Odbornou část červnového čísla doplňují příspěvky o aktuálních trendech znečištění vod a o faktorech ovlivňujících náklady na výrobu pitné vody.

Druhá polovina článků bude informativního charakteru a nabídne čtenářům různé zajímavosti z oblasti vodohospodářství, včetně výstavy „Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty“ a článku o seznamování se s umělou

inteligencí. Zajímavý bude také rozhovor s novým ministrem životního prostředí Mgr. Petrem Hladíkem, jenž ve svých odpovědích nabídne čtenářům pohled na vodohospodářskou problematiku ze svého úhlu.

V tomto čísle neopomeneme též některé zajímavosti, o nichž jsme psali ve VTEI před 60 lety, tentokrát několik zlepšovacích návrhů a vynálezů z našeho oboru ze šedesátých let minulého století.

Celkově se tedy můžete těšit na velmi pestré a zajímavé číslo o vodohospodářství a ekologii vodních ekosystémů. Věříme, že vám naše červnové VTEI přinese mnoho nových poznatků a inspirace a že se s ním budete rádi setkávat i v budoucnu. Přejeme vám příjemné čtení.

Redakce VTEI



# Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod

HANA PRCHALOVÁ, PAVEL RICHTER, PETR VYSKOČ, JIŘÍ PICEK, MARIE KOZLOVÁ, MARTINA DUBSKÁ

**Klíčová slova:** chemické a fyzikálně-chemické ukazatele — povrchové vody — hodnocení trendů — Rámcová směrnice o vodách

## ABSTRAKT

Článek představuje výsledky hodnocení trendů vybraných chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod. Hodnocení je založeno na obdobném postupu zjišťování významných vzestupných trendů znečišťujících látek a zvratu trendů v útvarech podzemních vod. Postup vychází z naměřených koncentrací v letech 2010–2018 a odhaduje koncentrace ke konci let 2021, 2024 a 2027. Pro hodnocení trendů byla využita data státních podniků Povodí pořízená v rámci monitoringu kvality povrchových vod, na jehož základě je prováděno hodnocení ekologického stavu/potenciálu a chemického stavu útvarů povrchových vod. Požadavky na časové řady však splnila jen část profilů s naměřenými koncentracemi. Z vyhodnocení trendů ke konci roků 2024 a 2027 vyplývá, že u části ukazatelů (polyaromatické uhlovodíky, adsorbovatelné organicky vázané halogeny – AOX a dusičnanový dusík) dochází oproti stavu k roku 2018 dle prognóz ke zlepšování stavu. Naopak pro biochemickou spotřebu kyslíku, rozpuštěný nikl a amoniakální dusík je předpovězeno mírné zhoršení.

## ÚVOD

Pro podzemní vody je při hodnocení chemického stavu požadováno hodnocení trendů znečišťujících látek [1], aby mohly být včas odhaleny případy, kdy polutant ještě splňuje limit dobrého stavu, ale jeho koncentrace významně stoupá. V případě povrchových vod však v ČR doposud nebyl stanoven žádný způsob, který by v předstihu indikoval hrozící zhoršení ekologického nebo chemického stavu povrchových vod. Z toho důvodu byl zpracován postup hodnocení trendů koncentrací znečišťujících látek povrchových vod. Vychází z metodiky hodnocení významných vzestupných trendů koncentrací znečištění podzemních vod, která již byla využita v druhém cyklu plánů a jež vychází z doporučení skupiny Groundwater pro společnou implementaci Rámcové směrnice o vodách [2]. Vzhledem k tomu, že jde o velké množství profilů a ukazatelů, bylo nutné použít relativně jednoduchý statistický postup a vytvořit takový program, který by práci zefektivnil a umožnil vyhodnocení velkého počtu dat.

Jako základní nástroj byly použity statistické metody – lineární trend pomocí lineární regrese a „dvousekční“ model, který umožňuje statisticky podchytit eventuální zlom v trendu. Prodloužením trendu byly vypočteny předpokládané koncentrace polutantů ve třech časových obdobích – tři, šest a devět let od konce naměřených koncentrací [3].

Pro účely tohoto metodického postupu byly pro hodnocení dlouhodobých trendů použity jednotlivé naměřené koncentrace vybraných ukazatelů, zjištěné v rámci realizace situačního a provozního monitoringu povrchových vod v reprezentativních monitorovacích místech pro hodnocení stavu/potenciálu útvarů povrchových vod. Výsledky hodnocení trendu jsou tedy vztaženy na konkrétní daný ukazatel a monitorovací místo (profil).

## METODIKA A POUŽITÁ DATA

Pro hodnocení trendů byla použita časová řada dat z monitoringu hodnocení stavu útvarů povrchových vod za období let 2010–2018 podle podkladů státních podniků Povodí poskytnutých pro hodnocení stavu. Na základě metodiky byly nejprve určeny ukazatele, které má smysl hodnotit, a pak profily splňující níže uvedené podmínky. Data z vybraných profilů a ukazatelů pak byla upravena a vyhodnocena softwarem, připraveným VÚV TGM k hodnocení trendů. Také byly použity výsledky hodnocení stavu pro vybrané ukazatele. Hodnocení stavu se pro povrchové vody provádí každé tříletí (poslední bylo zatím za období 2016–2018).

### Výběr ukazatelů, požadavky na časové řady a úprava dat

Výběr ukazatelů a monitorovacích míst povrchových vod byl dán výsledky hodnocení ekologického a chemického stavu primárně za poslední tříletí a časovými řadami od roku 2010 do konce roku 2018.

Kritéria pro obecný výběr ukazatelů, pro něž by měl být analyzován dlouhodobý trend koncentrací v matici voda, byla následující:

- jedná se o chemický nebo fyzikálně-chemický ukazatel pro hodnocení chemického stavu či ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod;
- pro ukazatel jsou norma environmentální kvality (NEK) nebo limit mezi dobrým a středním ekologickým stavem/potenciálem určeny charakteristickou hodnotou vyjádřenou jako průměr nebo medián [4–6] a zároveň nejsou tyto dány rozmezím hodnot (tj. nehodnotí se ukazatele, kde je charakteristická hodnota maximum a/nebo minimum);
- ukazatel nepodléhá v čase rozpadu či přeměně na jiné látky;
- ukazatel není vyjádřen jako suma více látek s různými mezemi stanovitelnosti;
- ukazatel je v rámci ČR každoročně sledován v matici voda minimálně na 5 % reprezentativních monitorovacích míst pro hodnocení stavu/potenciálu útvarů povrchových vod;

- ukazatel má v rámci sledování v celé ČR po většinu let nižší počet dat pod mezí stanovitelnosti než 75%;
  - ukazatel vychází v rámci celé ČR při posledních třech hodnoceních stavu/potenciálu jako nevyhovující ve více než 5 útvarech povrchových vod;
  - koncentrace ukazatele je prokazatelně zvýšena antropogenně a pro její snížení lze navrhnout opatření.
- Na základě těchto kritérií bylo pro hodnocení vybráno 15 ukazatelů (tab. 1).

Tab. 1. Souhrnný přehled hodnocených ukazatelů jakosti  
 Tab. 1. Summary of assessed quality indicators

| Ukazatel jakosti | Název ukazatele jakosti                   |
|------------------|-------------------------------------------|
| AOX              | adsorbovatelné, organicky vázané halogeny |
| As               | arsen                                     |
| B-A-ANTRACEN     | benzo[a]antracen                          |
| B-A-PYREN        | benzo[a]pyren                             |
| BSK-5            | biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní     |
| C10-C40          | uhlovodíky C10-C40                        |
| EDTA             | kyselina etylendiamintetraoctová          |
| FENANTREN        | fenantren                                 |
| FLUORANTEN       | fluoranten                                |
| NI-R             | nikl a jeho sloučeniny – rozpuštěný       |
| N-NH4            | dusík amoniakální                         |
| N-NO3            | dusík dusičnanový                         |
| P-PO4            | fosfor fosforečnanový                     |
| P-V              | fosfor celkový                            |
| PYREN            | pyren                                     |

- V rámci odzkoušení byly vyřazeny některé ukazatele, jež sice splňovaly požadavky, ale pro něž z různých důvodů nemá smysl trend hodnotit – mangan, železo (nelze prokázat antropogenní původ zvýšených koncentrací), teplota vody a průhlednost (nejde o ukazatele znečištění, nýbrž o jiné indikátory). Byly také vyřazeny pesticidy a jejich metabolity a obdobně ukazatele, které jsou součástí celkového součtu dané skupiny chemických ukazatelů, včetně jejich rozpadových a reakčních produktů nebo metabolitů – např. trichlorbenzeny.
- Protože pro nikl je v hodnocení chemického stavu požadavek, aby se uvažoval jako rozpuštěný, byla také vyřazena všechna měření, kde byl analyzován celkový nikl, který byl pro potřeby hodnocení stavu následně přepočítán pomocí odvozené konstanty na rozpuštěný.
- Při výběru profilů byly v rámci časové řady kladeny následující požadavky:
- minimální délka souvislé časové řady musela být šest let, přičemž poslední rok musel být 2018;
  - v každém roce muselo být alespoň šest měření pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele a prioritní látky a nejméně čtyři měření pro specifické znečišťující látky;
  - z těchto nejméně šesti nebo čtyř měření muselo být alespoň 50 % každý rok nad mezí stanovitelnosti;
  - pokud byla maximální hodnota meze stanovitelnosti pro ukazatel a profil větší než dvojnásobek minimální hodnoty meze stanovitelnosti, byl tento profil a ukazatel vyřazen z hodnocení trendů.

Poslední fázi přípravy dat bylo nahrazení výsledků pod mezí stanovitelnosti. Pokud byly za celé období pro profil a ukazatel stejné meze stanovitelnosti, nahradily se poloviční hodnotou, v případě různých mezí byly nahrazeny poloviční hodnotou nejmenší meze stanovitelnosti za profil a ukazatel.

Je zřejmé, že v případě takto přísných požadavků na časové řady musela být významná část měření vyřazena. Nejvíce profilů bylo vyřazeno pro uhlovodíky C10-C40, nikl a arsen. Naopak nejvíce profilů zůstalo pro fenantren, dusičnanový dusík, fluoranten, adsorbovatelné, organicky vázané halogeny (AOX) a kyselinu etylendiamintetraoctovou (EDTA) – kolem 80 % ze všech sledovaných profilů za tři poslední roky.

### Výpočet trendů, použitý software

Postup hodnocení trendu je založen na dvou způsobech výpočtu.

První postup je použití lineárního trendu za pomoci lineární regrese spočívající v aproximaci naměřených dat přímkou. Pro jednoduchou lineární regresi modelu musejí být vyčísleny směrnice a konstanta udávající posunutí na ose y pro základní rovnici přímky v obecném tvaru  $y = a \cdot x + b$ . V tomto případě jde o závislost koncentrace ukazatele v matici voda na čase. Pro odhad směrnice a konstanty se použije metoda nejmenších čtverců.

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

kde
 

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| a     | je směrnice přímky             |
| b     | konstanta                      |
| $x_i$ | datum měření                   |
| $y_i$ | koncentrace znečišťující látky |
| n     | počet měření                   |

Z odvozené rovnice přímky je na základě dat z časové řady 2010–2018 vypočtena prognóza koncentrace ukazatele po třech, šesti a devíti letech od konce měření. V případě těchto trendů je tedy prognóza na konci roku 2021, 2024 a 2027.

Druhý způsob předpokládá, že za delší dobu měření mohlo dojít ke změně trendu. Základní princip – lineární regrese – zůstává stejný, nicméně program najde jeden bod zlomu, kde přímka první lineární regrese přechází ve společném bodě ve druhou lineární regresi. Stejně jako u jednoduché lineární regrese probíhá i zde nalezení optimálního bodu zlomu za pomoci metody nejmenších čtverců pro celou analyzovanou časovou řadu měření, tedy je použita varianta s nejmenšími odchylkami naměřených koncentrací od obou přímek lineární regrese. Ve výsledku tohoto dvousekčního modelu má tak průběh naměřených koncentrací dvě přímky s různou směrnicí a konstantou posunu. I zde je na základě druhé přímky vypočtena předpokládaná koncentrace za tři, šest a devět let. Následně je porovnán výsledek jednoduché lineární regrese s dvousekčním modelem za pomoci F-testu (který opět využívá výsledky metody nejmenších čtverců pro posouzení odchylek naměřených koncentrací od proložených přímek jednoduché lineární regrese i dvousekčního modelu, aby byla vyvrácena nebo potvrzena nulová hypotéza, že se v daném časovém úseku nevyskytuje bod zlomu) a je vybrán model, jenž prokazuje větší spolehlivost.

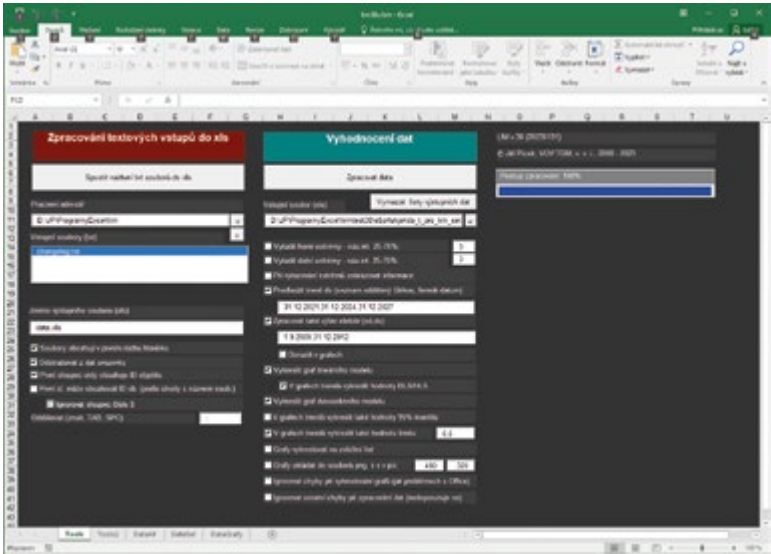
Při výpočtu trendů je možnost vyřadit odlehlosti či extrém, která však nebyla využita (více je uvedeno níže).

Pro vyhodnocení trendů a výpočet statistických charakteristik byla použita aplikace „lim“, resp. její aktuální verze lim38 (VÚV TGM, leden 2023). Jde o průběžně vyvíjenou, modifikovanou a modernizovanou aplikaci, jež využívá

prostředí Microsoft Excel (verze 2016), a byla realizována s využitím integrovaného programovacího jazyka VBA (Visual Basic for Applications). Aplikace načítá data zadaná formou časové řady hodnot ukazatelů jakosti v zadaných profilech (obr. 1). Pro každý profil a ukazatel je vyhodnocen trend (alternativně jako lineární jednosekční a dvousekční model) a jsou vypočteny a zapsány základní statistické charakteristiky původní časové řady i vyhodnoceného trendu. Aplikace dále umožňuje automatické generování grafů zobrazujících proložené křivky trendů. Výsledná data jsou zapisována jak pro každý profil/ukazatel samostatně (ve formátu samostatných sešitů/souborů xls), tak také do podoby souhrnné tabulky sloužící pro jejich další zpracování a vyhodnocení (tab. 2). Rovněž je vygenerován výsledný list pro všechny profily a ukazatele, vstupující do procesu zpracování dat a výpočtu trendů.

Tab. 2. Charakteristické hodnoty vypočtené programem lim38  
Tab. 2. Characteristic values calculated by lim38 software

|                                           |                                               |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Poslední měřená hodnota                   | 0,059                                         |
| Dolní limit spolehlivosti (20%)           | 0,018                                         |
| Horní limit spolehlivosti (80%)           | 0,084                                         |
| Směrnice přímky (trend)                   | 0,000002                                      |
| Konstanta posunutí přímky                 | -0,023                                        |
| Bod zlomu dvousekčního modelu             | 7. 9. 2011                                    |
| Směrnice přímky 1 dvousekčního modelu     | 0,000056                                      |
| Směrnice přímky 2 dvousekčního modelu     | -0,000004                                     |
| Počet měření přímky 1 dvousekčního modelu | 21                                            |
| Počet měření přímky 2 dvousekčního modelu | 85                                            |
| Konst. pos. přímky 1 dvousekčního modelu  | -2,18                                         |
| Konst. pos. přímky 2 dvousekčního modelu  | 0,22                                          |
| Počet měření celkem                       | 105                                           |
| První měření                              | 13. 1. 2010                                   |
| Poslední měření                           | 10. 12. 2018                                  |
| Minimum                                   | 0,01                                          |
| Maximum                                   | 0,15                                          |
| Průměr                                    | 0,048                                         |
| Medián                                    | 0,041                                         |
| Rok s výskytem minima                     | 2010                                          |
| Rok s výskytem maxima                     | 2011                                          |
| Směrodatná odchylka                       | 0,025                                         |
| Počet hodnot pod mezí stanovitelnosti     | 6                                             |
| Použitá mez stanovitelnosti               | 0,01                                          |
| Počet let (od/do) 2010 až 2018            | 9                                             |
| Lineární versus dvousekční model (F-test) | dvousekční model<br>je vhodnější než lineární |



Obr. 1. Ukázka uživatelského prostředí aplikace „lim“; rozsah a způsob zpracování dat lze upravit zvolením příslušných voleb v hlavním okně aplikace  
Fig. 1. Example of the lim user interface; the extent and method of data processing can be adjusted by selecting the appropriate options in the main window of the application

ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Do výsledného listu s výsledky výpočtu trendů a předpovězenými hodnotami, které obsahují jak lineární, tak dvousekční trend, jsou přidány výsledky z posledního, v současné době realizovaného hodnocení ekologického a chemického stavu a limit dobrého stavu, v tomto případě za tříletí 2016–2018.

Podle vybraného modelu se následně ke každému hodnocenému objektu a ukazateli přiřadí příslušné hodnoty předpovězené ke konci roku 2021, 2024 a 2027. Předpovězená hodnota se získá protažením trendu – v případě dvousekčního modelu trendu druhé přímky. Ty se pak porovnají s hodnotou limitu mezi dobrým a nevyhovujícím chemickým stavem pro daný ukazatel a receptor. Hodnotí se pouze s limity vyjádřenými jako medián (pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele) nebo průměr (pro prioritní a specifické znečišťující látky). Pokud je jako limit použito také maximum, což pro vybrané ukazatele platí pro dusičnanový dusík, porovnání se nerealizuje. V případě prioritních a specifických znečišťujících látek se hodnocení stavu provádí za každý rok zvlášť a použije se nejhorší výsledek [4]; pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele se hodnotí celé tříletí dohromady [4].

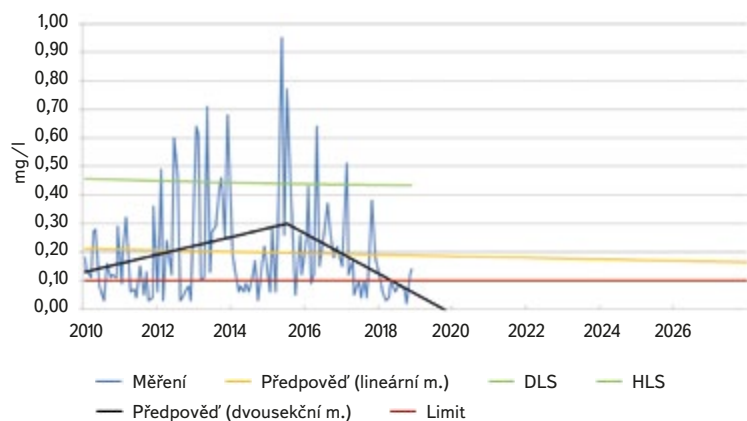
Pro každý profil a ukazatel tak známe výsledek hodnocení za tříletí 2016–2018 (tedy vyhovující nebo nevyhovující) – což můžeme chápat jako současnost – a podle limitu dobrého stavu výsledek pro konec roku 2021, 2024 a 2027.

Příklady hodnocení vybraného profilu jsou uvedeny níže:

Amoniakální dusík na profilu Loučná – Tržek (obr. 2) byl v minulém tříletí vyhodnocen jako nevyhovující – limit dobrého stavu je 0,1 mg/l. Podle hodnocení trendů je jak lineární, tak dvousekční trend klesající, nicméně podle dvousekčního trendu je sestupný trend od května 2015 výrazně rychlejší. Podle něj by obsah amoniakálního dusíku mohl být v dobrém stavu již na konci roku 2021. Zároveň je podle F-testu dvousekční model spolehlivější.

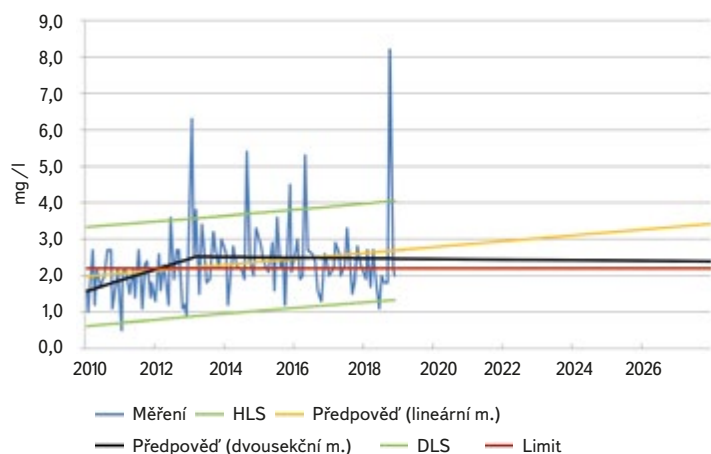
Ve stejném profilu byl hodnocen i dusičnanový dusík (obr. 3). I ten byl klasifikován za tříletí 2016–2018 jako nevyhovující – limit dobrého stavu je 3,2 mg/l. V tomto případě jsou výsledky lineárního a dvousekčního modelu srovnatelné, koncentrace se snižují podobně a dobrého stavu by měly dosáhnout kolem roku 2027. Vzhledem k tomu, že jako spolehlivější vyšel lineární model, pokud bude tento trend pokračovat, bude dobrý stav dosažen těsně před koncem roku 2027.





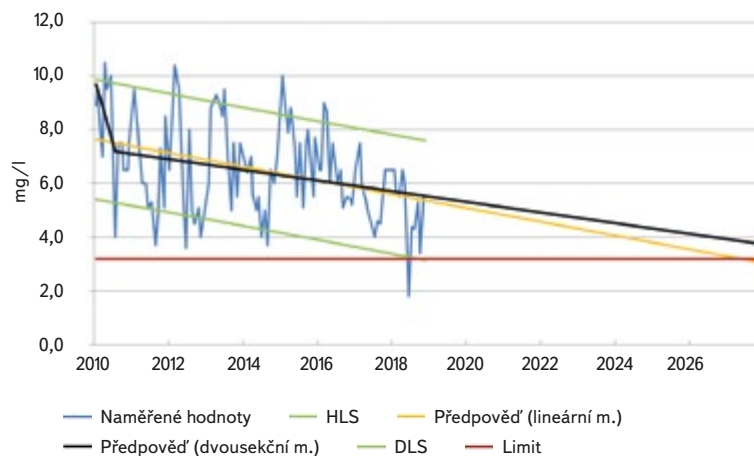
Obr. 2. Výpočet trendů amoniakálního dusíku pro profil Tržek na vodním toku Loučná  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 2. Calculation of ammonia nitrogen trend in monitoring profil Tržek, Loučná river  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



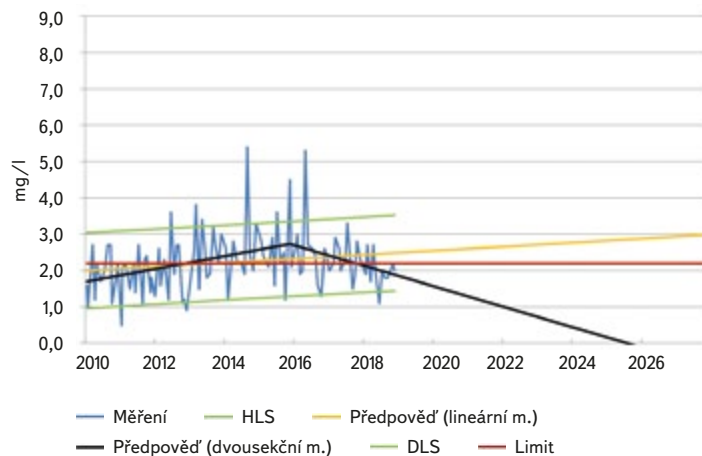
Obr. 4. Výpočet trendů BSK<sub>5</sub> pro profil Tržek na vodním toku Loučná pro všechna naměřená data  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 4. Calculation of BOD<sub>5</sub> trend in monitoring profil Tržek, Loučná river for all measurements  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



Obr. 3. Výpočet trendů dusičnanového dusíku pro profil Tržek na vodním toku Loučná  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 3. Calculation of nitrogen trend in monitoring profil Tržek, Loučná river  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



Obr. 5. Výpočet trendů BSK<sub>5</sub> pro profil Tržek na vodním toku Loučná; data bez odlehlostí  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 5. Calculation of BOD<sub>5</sub> trend in monitoring profil Tržek, Loučná river; measurements without outliers  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik

Při zpracování trendů bylo zvažováno odstranění odlehlostí a extrémů, neboť hlavně občasně vysoké hodnoty výrazně ovlivňují výsledné hodnocení. To je typické pro průběh časových řad biochemické spotřeby kyslíku. Software umožňuje tyto odlehlé hodnoty vyloučit. Opět na profilu Loučná – Tržek byly tedy spočítány trendy pro BSK<sub>5</sub>, a to jak pro všechny hodnoty, tak s vyřazením extrémů (definovaných jako trojnásobek intervalu 25–75 %) – viz obr. 4 a 5. BSK<sub>5</sub> bylo při hodnocení ekologického stavu nevyhovující, limit dobrého stavu je 2,2 mg/l. V časové řadě jsou celkem čtyři měření nad 5 mg/l, přičemž při vyřazování odlehlostí byly odstraněny dvě nejvyšší hodnoty. Zatímco při zachování všech hodnot byl jako spolehlivější vyhodnocen lineární trend, který je stoupající, po odstranění odlehlostí byl naopak doporučen dvousekční model, kde v prosinci 2015 dochází k významnému zlomu a trend je klesající. Pro obě varianty se liší i časový údaj o bodu zlomu – při zachování všech hodnot je mnohem dříve – v dubnu 2013, přičemž po tomto datu je trend také klesající, ale pokles je mnohem pomalejší.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě výsledků provedeného hodnocení trendů byla zpracována tabulka jednotlivých ukazatelů pro všechny hodnocené profily dohromady, kde je vždy podíl vyhovujících a nevyhovujících profilů na základě posledního hodnocení stavu (tj. k roku 2018) a pak stejné podíly ke konci roku 2024 a 2027 (tab. 4). Prognóza byla zpracována i pro konec roku 2021, ale vzhledem k tomu, že v současné době teprve probíhá příprava hodnocení stavu za tříletí 2019–2021, nebyla zde použita. Přesto bude zajímavé porovnat výsledky tohoto hodnocení s vypočtenými trendy. V tab. 3 jsou pak uvedeny limity dobrého ekologického a chemického stavu.

V tab. 4 je zobrazen podíl vyhovujících a nevyhovujících profilů k roku 2018, který však neodpovídá výsledkům za celou ČR. Hlavním důvodem je fakt, že jde pouze o profily, které splnily požadavky na délku a úplnost časové řady a na podíly měření pod mezí stanovitelnosti. Stejně tak tu není zohledněn limit dobrého stavu, stanovený jako maximum (což je případ dusičnanového dusíku), ani výsledky jiné matrice než voda (hodnocení benzo[a]pyrenu v plůdku ryb). Nicméně většina rozdílů je v řádu jednotek procent. Významnější rozdíly jsou pro EDTA, fenantren, fluoranten a pyren, kde je situace ve všech profilech příznivější (např. fluoranten je nevyhovující ve všech profilech jen pro 54,7 %, kdežto ve vybraných profilech 89,7 %), a pro dusičnanový dusík, kde je nevyhovujících profilů naopak ve všech profilech a při zohlednění maximálních hodnot 49,7 % (pro vybrané profily pouze 39,5 %).

Na základě této statistiky lze konstatovat, že podle prognóz by k výraznému zlepšení mělo dojít u AOX, benzo[a]pyrenu, fluorantenu a pyrenu a mírné zlepšení se předpokládá u fenantrenu a dusičnanového dusíku. Naopak pro BSK<sub>5</sub>, nikl a amoniakální dusík model zjistil mírné zhoršení. Pro ostatní ukazatele jsou výsledky v dalších letech prakticky stejné, rozdíly do 5 % jsou z hlediska spolehlivosti zanedbatelné. Zde je ovšem nutno uvést, že model dokáže pracovat jenom s lineárním trendem, případně jedním bodem zlomu, a koncentrace znečišťujících látek v povrchových vodách vykazují značné kolísání. U BSK<sub>5</sub> (a je možné, že i u některých dalších ukazatelů) výsledek silně ovlivňují občasně výrazně zvýšené hodnoty, které mohou zhoršovat výsledky trendů, jak bylo vidět na příkladu profilu Loučná – Tržek. Při rozhodování, zda ponechat původní výsledky, nebo použít jen měření bez odlehlostí, jsme zohledňovali dva faktory – jednak to, že se nejedná o chyby v měření, ale o skutečně naměřené hodnoty, které se pravděpodobně budou opakovat i v budoucnu, a jednak fakt, že hodnocení se pro tento ukazatel provádí porovnáním limitu, který je stanoven jako medián, tedy se u něj odlehlosti neprojeví. Nakonec bylo použito hodnocení se všemi hodnotami, ovšem s vědomím, že pravděpodobně jde o horší výsledek, než který se v hodnocení stavu projeví.

Tab. 3. Normy environmentální kvality (NEK) a hranice dobrého stavu pro hodnocené ukazatele  
Tab. 3. Environmental quality standards (NEK) and good status boundaries for the indicators assessed

|                              | Jednotky | NEK (průměr) | NEK (maximum) | Hranice dobrého stavu (medián) | Hranice dobrého stavu (maximum) |
|------------------------------|----------|--------------|---------------|--------------------------------|---------------------------------|
| AOX                          | µg/l     | 25           | –             | –                              | –                               |
| arsen                        | µg/l     | 11           | –             | –                              | –                               |
| benzo[a]antracen             | µg/l     | 0,03         | –             | –                              | –                               |
| benzo[a]pyren                | µg/l     | 0,00017      | 0,27          | –                              | –                               |
| biochemická spotřeba kyslíku | mg/l     | –            | –             | 1,5–3                          | –                               |
| uhlovodíky C10–C40           | mg/l     | 0,1          | –             | –                              | –                               |
| EDTA                         | µg/l     | 5            | –             | –                              | –                               |
| fenantren                    | µg/l     | 0,03         | –             | –                              | –                               |
| fluoranten                   | µg/l     | 0,0063       | 0,12          | –                              | –                               |
| nikl                         | µg/l     | 4            | 34            | –                              | –                               |
| dusík amoniakální            | mg/l     | –            | –             | 0,08–0,15                      | –                               |
| dusík dusičnanový            | mg/l     | –            | –             | 1–3,8                          | 1,4–5,6                         |
| fosfor fosforečnanový        | mg/l     | –            | –             | 0,02–0,05                      | –                               |
| celkový fosfor               | mg/l     | –            | –             | 0,03–0,07                      | –                               |
| pyren                        | µg/l     | 0,024        | –             | –                              | –                               |



Tab. 4. Podíly vyhovujících a nevyhovujících profilů v současnosti (2018) a na konci roku 2024 a 2027  
Tab. 4. Proportions of compliant and non-compliant profiles at present (2018) and at the end of 2024 and 2027  
Zdroj dat: státní podniky Povodí

|                              |                  | 2018               |              | 2024               |              | 2027               |              |                |
|------------------------------|------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|----------------|
|                              | Počet prof. celk | Vyhovující profily | Nevyhovující | Vyhovující profily | Nevyhovující | Vyhovující profily | Nevyhovující | Trend          |
| AOX                          | 245              | 60,80 %            | 39,20 %      | 83,30 %            | 16,70 %      | 84,10 %            | 15,90 %      | zlepšení       |
| arsen                        | 159              | 95,60 %            | 4,40 %       | 94,30 %            | 5,70 %       | 95,00 %            | 5,00 %       | stabilní       |
| benzo[a]antracen             | 99               | 96,00 %            | 4,00 %       | 96,00 %            | 4,00 %       | 94,90 %            | 5,10 %       | stabilní       |
| benzo[a]pyren                | 92               | 0,00 %             | 100,00 %     | 27,20 %            | 72,80 %      | 38,00 %            | 62,00 %      | zlepšení       |
| biochemická spotřeba kyslíku | 596              | 55,50 %            | 44,50 %      | 47,50 %            | 52,50 %      | 48,00 %            | 52,00 %      | mírné zhoršení |
| uhlovodíky C10-C40           | 30               | 93,30 %            | 6,70 %       | 93,30 %            | 6,70 %       | 90,00 %            | 10,00 %      | stabilní       |
| EDTA                         | 64               | 45,30 %            | 54,70 %      | 50,00 %            | 50,00 %      | 50,00 %            | 50,00 %      | stabilní       |
| fenantren                    | 151              | 82,10 %            | 17,90 %      | 96,00 %            | 4,00 %       | 96,00 %            | 4,00 %       | mírné zlepšení |
| fluoranten                   | 146              | 10,30 %            | 89,70 %      | 55,50 %            | 44,50 %      | 58,20 %            | 41,80 %      | zlepšení       |
| nikl                         | 37               | 100,00 %           | 0,00 %       | 83,80 %            | 16,20 %      | 81,10 %            | 18,90 %      | mírné zhoršení |
| dusík amoniakální            | 542              | 60,50 %            | 39,50 %      | 45,20 %            | 54,80 %      | 47,20 %            | 52,80 %      | mírné zhoršení |
| dusík dusičnanový            | 612              | 67,50 %            | 32,50 %      | 75,50 %            | 24,50 %      | 77,80 %            | 22,20 %      | mírné zlepšení |
| fosfor fosforečnanový        | 340              | 32,90 %            | 67,10 %      | 35,00 %            | 65,00 %      | 35,90 %            | 64,10 %      | stabilní       |
| celkový fosfor               | 649              | 15,40 %            | 84,60 %      | 14,50 %            | 85,50 %      | 15,40 %            | 84,60 %      | stabilní       |
| pyren                        | 137              | 67,90 %            | 32,10 %      | 86,10 %            | 13,90 %      | 86,10 %            | 13,90 %      | zlepšení       |

ZÁVĚR

Výsledky trendů ukazují, že pro hodnocené polyaromatické uhlovodíky se projevuje zlepšení nebo alespoň stálý stav. Tyto prognózy však mohou být překonány navrhovanými změnami na evropské úrovni v hodnocení fluorantenu, kde má být významně zpřísněn limit, a limit pro benzo[a]pyren má být naopak zrušen (takže by se tento ukazatel vůbec nehodnotil). Zlepšení je předpovězeno i pro adsorbovatelné organicky vázané halogeny a dusičnanový dusík. Naopak mírné zhoršení bylo indikováno pro BSK<sub>5</sub>, nikl a amoniakální dusík, nicméně pro BSK<sub>5</sub> se v hodnocení stavu zhoršení nejspíš neprojeví a u dusičnanového dusíku lze předpokládat, že vzhledem k velkému zdražení průmyslových hnojiv se situace nejspíšlepší. Příčiny, proč by mělo dojít ke zhoršení koncentrací pro rozpuštěný nikl, nejsou jasné, nicméně i u něj je navrhována přísnější hodnota environmentální kvality.

Ukázaly se zde slabiny tohoto hodnocení, neboť skutečný průběh naměřených koncentrací málokdy může dostatečně vyjádřit lineární nebo dvousečkový model. Z výsledků také vyplývá, že statistické hodnocení trendů znečišťujících látek není vhodná metoda pro jednotlivé profily. Kromě omezení, vyplývajících z lineárních trendů, jen malá část profilů splní pro většinu ukazatelů požadavky na délku časové řady a počet měření. Výsledky tedy není možné použít pro identifikaci profilů, jež zatím splňují limit dobrého stavu, ale hrozí, že se brzy zhorší. Dá se předpokládat, že jsou využitelné spíš pro zjišťování celkových tendencí jednotlivých ukazatelů, i zde ovšem jenom za předpokladu, že se významně nezmění podmínky – ať již hydrologické, nebo úroveň antropogenních vlivů. Nicméně i tak by mělo být hodnocení trendů doplněno dalšími typy

analýz: např. porovnáním předpovězených a skutečných výsledků hodnocení stavu, podílem nevyhovujících měření v jednotlivých třiletích, nebo porovnáním třiletých průměrů.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení interního grantu VÚV TGM „Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod“. Za poskytnutí dat děkujeme státním podnikům Povodí.

Literatura

[1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu.

[2] Guidance No 18 – Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment (WG C). European Communities, 2009.

[3] PRCHALOVÁ, H., DURČÁK, M., KOZLOVÁ, M., VIZINA, A., ROSENDORF, P., MRKVIČKOVÁ, M. a kol. Metodiky hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR. VÚV TGM v. v. i., 2013, dostupné z: <https://heis.vuv.cz/projekty/rsv>

[4] PRCHALOVÁ, H., DURČÁK, M., VYSKOČ, P., ROSENDORF, P., MIČANÍK, T. Metodika hodnocení chemického a ekologického stavu útvarů povrchových vod kategorie řeka pro třetí cyklus plánů povodí v ČR. VÚV TGM, v. v. i., 2019.

[5] ROSENDORF, P., TUŠIL, P., DURČÁK, M., SVOBODOVÁ, J., BERÁNKOVÁ, T., VYSKOČ, P. Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. VÚV TGM, v. v. i., 2011. Certifikovaná metodika MŽP.

[6] ROSENDORF, P., PRCHALOVÁ, H. Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického potenciálu útvarů povrchových vod kategorie řeka. VÚV TGM, v. v. i., 2019.

## Autoři

**RNDr. Hana Prchalová**

✉ hana.prchalova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-1890-8335

**Ing. Pavel Richter, Ph.D.**

✉ pavel.richter@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-6338-3481

**Ing. Petr Vyskoč**

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5006-5414

**Ing. Jiří Pícek**

✉ jiri.picek@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-6978-6801

**Ing. Marie Kozlová**

✉ marie.kozlova@vuv.cz

ORCID: 0009-0001-6601-6107

**Ing. Martina Dubská**

✉ martina.dubska@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4652-2600

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.002

## ASSESSMENT OF TRENDS IN CONCENTRATIONS OF CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF THE STATUS OF SURFACE WATER BODIES

**PRCHALOVÁ, H.; RICHTER, P.; VYSKOČ, P.; PÍCEK, J.; KOZLOVÁ, M.; DUBSKÁ, M.**

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

**Keywords:** chemical and physico-chemical indicators — surface water — assessment of trends — Water Framework Directive

This article presents the results of trend assessment of selected chemical and physicochemical indicators of surface water status. The assessment approach is based on a similar procedure for assessing significant upward trends of pollutants and trend reversals in groundwater bodies. The procedure is based on measured concentrations from 2010 to 2018 and estimates concentrations at the end of 2021, 2024 and 2027. For the assessment of trends, data from the river basin companies were used to assess the ecological status/potential and the chemical status of surface water bodies. However, only part of the profiles with measured concentrations met the time series requirements. The assessment of trends towards the end of 2024 and 2027 shows that some indicators (polyaromatic hydrocarbons, adsorbable organically bound halogens – AOX and nitrate nitrogen) are projected to improve compared to the status as of 2018. On the other hand, for biochemical oxygen demand, dissolved nickel and ammonia nitrogen, a slight deterioration is predicted.





# Společenstvo juvenilních ryb – vhodný nástroj pro sledování ekologického stavu

LIBOR MIKL, PAVEL STIERAND, ROBERT ŽALIO, VÍT KODEŠ

**Klíčová slova:** biomonitoring – společenstvo juvenilních ryb – ekologický stav – teplota vody

## ABSTRAKT

Vodní organismy mají velmi dobrou schopnost reflektovat podmínky prostředí, ve kterém žijí, proto jsou často využívány k posouzení ekologického stavu. Společenstvo juvenilních ryb (0+) představuje vhodný nástroj pro monitoring ekologického stavu vodních toků, protože vykazuje velmi rychlou reakci na měnící se podmínky. Cílem studie bylo posouzení stavu společenstva juvenilních ryb (0+) na 22 sledovaných lokalitách napříč Českou republikou (ČR) v letech 2019–2021. Odlov ryb byl prováděn elektrolovem (bateriovým agregátem) v mělkých úsecích podél břehové linie. Společenstvo juvenilních ryb (0+) bylo relativně bohaté, celkem bylo zaznamenáno 36 druhů, minimálně byly zachyceny čtyři a maximálně 15 druhů na lokalitu (průměrně se vyskytovalo devět druhů na lokalitu). Ve sledovaném období byly zjištěny významné rozdíly ve společenstvu juvenilních ryb (0+) napříč lokalitami i mezi jednotlivými lety. Zhodnocení ekologického stavu bylo realizováno pomocí českého multimetrického indexu (CZI). Byly zaznamenány zásadní změny ekologického stavu: čtyři lokality vykazovaly výrazné zhoršení a čtyři naopak odrážely výrazné zlepšení stavu. Na zbylých lokalitách byl stav spíše setrvalý (nedocházelo k výraznému zlepšení ani zhoršení). Nejlepší ekologický stav, kde společenstvo juvenilních ryb odpovídá přirozenému vodnímu toku, byl zjištěn na lokalitách Orlice v Nepasicích (Královéhradecký kraj) a Olše ve Věřňovicích (Moravskoslezský kraj). Naopak nejnižší hodnoty CZI vykazovaly lokality Ohře – Želina (Ústecký kraj), Dyje – Podhradí nad Dyjí, Dyje – Jevišovka (Jihomoravský kraj) a Cidlina – Sány (Středočeský kraj), které reflektovaly poškozený stav. Zhoršení ekologického stavu nebylo zapříčiněno změnou vhodných habitatů nebo jejich úbytkem, ale především přítomností nepůvodních druhů, jež hodnotu indexu CZI výrazně snižují. Závěry našeho průzkumu poukazují na skutečnost, že k významným změnám ve společenstvu juvenilních ryb může docházet na téže lokalitě i ve velmi krátkém časovém úseku (jednoho roku). Meziroční změny mohou být proto značné, a z toho důvodu je důležité monitoring provádět každoročně.

## ÚVOD

Velká část říčních systémů je silně pozměněna či poškozena lidskou činností [1], jako jsou nevhodné hydromorfologické úpravy i manipulace na vodních elektrárnách [2, 3], zavlečení invazních druhů, nadměrný vstup živin a znečištění cizorodými látkami [3]. Tyto multistresory významně ovlivňují celé vodní ekosystémy [1]. Voda a její kvalita hraje významnou roli z hlediska její využitelnosti jako nenahraditelné vstupní suroviny pro nespočet odvětví činností člověka [4]. Stejně tak i životní prostředí, na které je vázáno částečně nebo celým životním cyklem velké množství organismů. Využití vodních organismů (bioty) jako indikátoru ekologického stavu má opodstatněný význam [5]. Jejich

fyziologická tolerance a ekologické preference úzce souvisejí s podmínkami prostředí, v němž žijí, a jsou schopny rychle reflektovat změny prostředí [6, 7]. Bioindikátory jsou široce využívány k poskytování užitečných informací o změnách či znečištění životního prostředí a odrážejí dlouhodobé vlivy/stresory, jež na organismy nepůsobí odděleně, nýbrž současně [8]. Většinou jsou metody hodnocení založeny na taxonomickém složení společenstva, které poskytuje informace o biologických interakcích, vnitřním utváření společenstva, ale i fungování daného ekosystému [9]. Společenstvo juvenilních ryb (tj. 0+, kde 0 znamená žádná prožitá zima a + znamená prožitá vegetační sezona) proto představuje vhodný nástroj pro monitoring ekologického stavu ve vodních tocích, zejména proto, že je většina českých a moravských vodních toků zarybňována, tj. jsou vysazováni subadultní a adultní jedinci [6]. Juvenilní ryby (0+) reflektují bezprostředně reprodukční úspěch nebo neúspěch v posledním období tření a vykazují výrazně rychlejší reakci na měnící se podmínky prostředí než dospělí jedinci [6, 10]. Kromě reprodukční úspěšnosti dospělců je společenstvo juvenilních ryb (0+) ovlivněno přežíváním jejich raných stadií, které jsou velmi těsně spjaty s výskytem vhodných mikro až mezohabitatů [11], jako jsou mělké úseky s dostatkem potravy a úkrytů, tzv. „rybí školky“ [10, 11]. Společenstvo juvenilních ryb (0+) je také utvářeno sezonními i mezisezonními změnami habitatů a hydrologickým [12] i teplotním režimem, který má podstatný vliv na celkovou diverzitu i abundanci jednotlivých druhů [13, 14]. Změny prostředí můžeme sledovat prostřednictvím diverzity v lokálním měřítku, a to na základě druhů v daném společenstvu ( $\alpha$  diverzita) nebo i na širší škále, mezi jednotlivými společenstvy ( $\beta$  diverzita, [15, 16]). Cílem studie bylo posouzení společenstva juvenilních ryb (0+) a ekologického stavu vodních toků podle českého multimetrického indexu (CZI) v rámci jednotlivých povodí během let 2019–2021 na 22 lokalitách, které reprezentují závěrové profily a významné páteřní toky v ČR.

## METODIKA

Biologické hodnocení sledovaných vodních toků bylo provedeno pomocí přirozeného rybního společenstva, tj. juvenilních ryb (0+). Metodika byla sestavena tak, aby bylo možné s jejím použitím provést odlov, základní zpracování a vyhodnocení vzorků ryb (0+) [17, 18]. Vybraná metodika reprezentuje současný stav vodních toků [19], kdy jsou odebírány pouze ryby, které jsou staré maximálně několik měsíců. Ichtyologický průzkum probíhal na 22 lokalitách (obr. 1), jež byly vybrány na základě předešlých poznatků z monitoringu jakosti vod, který provádí Český hydrometeorologický ústav [19]. Sledované lokality byly umístěny v závěrových profilech a na páteřních tocích ČR (obr. 1). Vzorkovací místa pro odlov juvenilních ryb (0+) byla umístěna pod obcemi a přilehlými aglomeracemi z důvodu možného ovlivnění technickými úpravami, jezovými manipulacemi, vypouštěním odpadních vod i plošnými zdroji znečištění, a to



zejména ve významných zemědělských oblastech. Díky danému vzorkovacímu designu bylo možné objektivně zachytit vliv lidské činnosti na společenstvo juvenilních ryb (0+) mezi jednotlivými povodími, ale i napříč ČR.



Obr. 1. Situační mapa sledovaných vodních toků s vyznačenými profily, na nichž probíhal odlov juvenilních ryb (0+): **1)** Labe – Hradec Králové, **2)** Orlice – Nepasice, **3)** Cidlina – Sány, **4)** Labe – Litoměřice, **5)** Ploučnice – Děčín (Březiny), **6)** Ohře – Želina, **7)** Malše – Roudné, **8)** Vltava – Boršov, **9)** Vltava – Hluboká nad Vltavou, **10)** Lužnice – Veselí nad Lužnicí, **11)** Mže – Plzeň, **12)** Berounka – Plzeň, **13)** Sázava – Zruč nad Sázavou, **14)** Vltava – Praha (Vrané), **15)** Želivka – Poříčí, **16)** Ostravice – Ostrava, **17)** Odra – Ostrava (Svinov), **18)** Olše – Věřňovice, **19)** Morava – Blatec, **20)** Moravská Dyje – Písečné, **21)** Dyje – Podhradí, **22)** Dyje – Jevišovka

Fig. 1. Map of rivers with sites where juvenile fish assemblages were monitored.

**1)** Labe – Hradec Králové, **2)** Orlice – Nepasice, **3)** Cidlina – Sány, **4)** Labe – Litoměřice, **5)** Ploučnice – Děčín (Březiny), **6)** Ohře – Želina, **7)** Malše – Roudné, **8)** Vltava – Boršov, **9)** Vltava – Hluboká nad Vltavou, **10)** Lužnice – Veselí nad Lužnicí, **11)** Mže – Plzeň, **12)** Berounka – Plzeň, **13)** Sázava – Zruč nad Sázavou, **14)** Vltava – Praha (Vrané), **15)** Želivka – Poříčí, **16)** Ostravice – Ostrava, **17)** Odra – Ostrava (Svinov), **18)** Olše – Věřňovice, **19)** Morava – Blatec, **20)** Moravská Dyje – Písečné, **21)** Dyje – Podhradí, **22)** Dyje – Jevišovka

## Odlov ryb

Odlovy ryb (0+) byly prováděny od druhé poloviny srpna do druhé poloviny září. Konec léta představuje vhodné období pro odběr vzorků juvenilních ryb (0+) z důvodu relativně nízkých a stabilních průtoků. I abundance juvenilních ryb (0+) je už relativně stabilní, ve srovnání s vysokou mortalitou, jež nastává během prvních týdnů až měsíců po vylíhnutí/vykulení [10]. Juvenilní ryby (0+) se v tomto období stále zdržují v mělkých úsecích podél břehu a ještě se nepřesouvají do hlubších částí vodních toků (na zimoviště), k čemuž dochází zpravidla během podzimních měsíců [10]. V tomto období jsou juvenilní ryby (0+) již dostatečně odrostlé, determinační znaky mají podobné dospělým a jejich determinaci je možné provádět přímo v terénu [17, 20].

Odlov ryb byl prováděn podél břehové linie vodního toku (obr. 2) bateriovým elektrickým agregátem (typu SEN a LENA od firmy Bednář) s výstupní frekvencí 50–95 Hz [10, 21]. Ryby byly loveny pomocí stejnosměrného pulzního proudu, který není při daném rozmezí kmitočtu pro zdraví ryb nebezpečný [17, 20]. Délka proloveného úseku se odvíjela od množství mezohabitatů (mělké proudné úseky, mrtvé dřevo, vodní i zaplavená terestrická vegetace, stojatá voda) a pohybovala se v rozmezí od 50 m do 200 m (medián 100 m). Sledovaný úsek byl rozdělen na několik dílčích úseků tak, aby byla zachycena významná

část variability prostředí a celkové společenstvo juvenilních ryb (0+). Následně po ulovení byly ryby determinovány přímo na dané lokalitě (obr. 3).



Obr. 2. Odlov juvenilních ryb v mělkých úsecích podél břehové linie

Fig 2. Juvenile fish assemblages sampling in shallow sections along the riverbank



Obr. 3. Determinace odlovených ryb v terénu

Fig. 3. The determination of juvenile fish



## ZPRACOVÁNÍ DAT

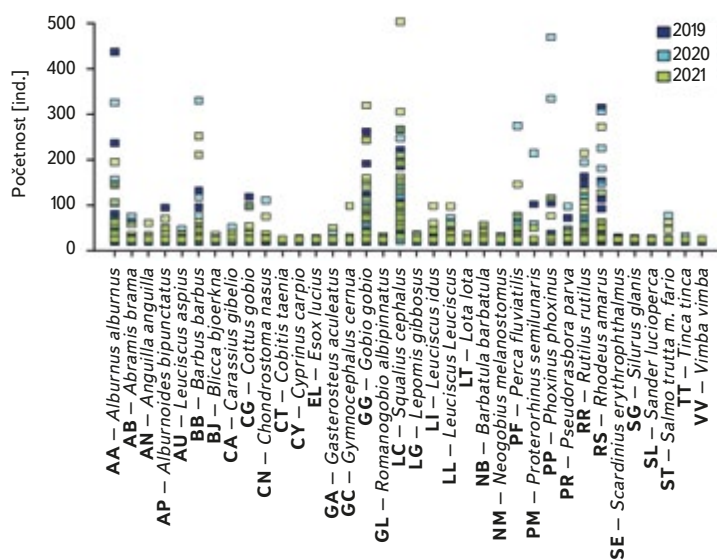
Zhodnocení ekologického stavu sledovaných vodních toků bylo provedeno prostřednictvím českého multimetrického indexu (CZI), který kombinuje několik metrik, jejichž výsledky jsou spojeny do multimetrického výstupu a zahrnují několik atributů společenstva. Mezi metriky, jež popisují a hodnotí podmínky prostředí, patří nadmořská výška, řád vodního toku dle Strahlera, úmoří, typ toku (A – horské potoky až G – nížinné řeky) a typické taxony pro daný typ vodního toku i nepůvodní druhy, které významným způsobem snižují výslednou hodnotu indexu [16]. Multimetrický index byl vypočítán dle následující rovnice:

$$CZI = \frac{w_1 * EQRTD + w_2 * EQRAR + w_3 * EQRND1 + w_4 * EQRND2}{4}$$

kde

- wi je váha metriky při výpočtu CZI
- TD počet typických taxonů
- AR abundance reofilů (proudofilné druhy)
- ND1 přítomnost nežádoucích druhů
- ND2 relativní zastoupení nežádoucích druhů – nabývá hodnot od 0 do 1 (kategorie CZI, 0–0,2 zničený; > 0,2–0,4 poškozený; > 0,4–0,6 střední; > 0,6–0,8 dobrý a > 0,8–1 výborný). Horní a dolní mez hodnot metrik slouží k výpočtu Ecological Quality Ratio (EQR), tj. poměru mezi zjištěnými a očekávanými (referenčními) hodnotami [16].

Rozdíly ve společenstvu juvenilních ryb byly vyhodnoceny v programu R softwaru ver. 4.2.2 [21] prostřednictvím metody PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) a zobrazeny pomocí vícenásobného škálování – NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling). Vizualizace rozdílů ve společenstvu ryb byla zobrazena prostřednictvím kódového označení jednotlivých druhů (**AA** – *Alburnus alburnus*, **AB** – *Abramis brama*, **AN** – *Anguilla anguilla*, **AP** – *Alburnoides bipunctatus*, **AU** – *Leuciscus aspius*, **BB** – *Barbus barbus*, **BJ** – *Blicca bjoerkna*, **CA** – *Carassius gibelio*, **CG** – *Cottus gobio*, **CN** – *Chondrostoma nasus*, **CY** – *Cyprinus carpio*, **EL** – *Esox lucius*, **GA** – *Gasterosteus aculeatus*, **GC** – *Gymnocephalus cernua*, **GG** – *Gobio gobio*, **GL** – *Romanogobio albipinnatus*, **LC** – *Squalius cephalus*, **LG** – *Lepomis gibbosus*, **LI** – *Leuciscus idus*, **LL** – *Leuciscus leuciscus*, **LT** – *Lota lota*, **NB** – *Barbatula barbatula*, **NM** – *Neogobius melanostomus*, **PF** – *Perca fluviatilis*, **PM** – *Proterorhinus semilunaris*, **PP** – *Phoxinus phoxinus*, **PR** – *Pseudorasbora parva*, **RR** – *Rutilus rutilus*, **RS** – *Rhodeus amarus*, **SE** – *Scardinius erythrophthalmus*, **SG** – *Silurus glanis*, **SL** – *Sander lucioperca*, **ST** – *Salmo trutta m. fario*, **TT** – *Tinca tinca*, **VV** – *Vimba vimba*).



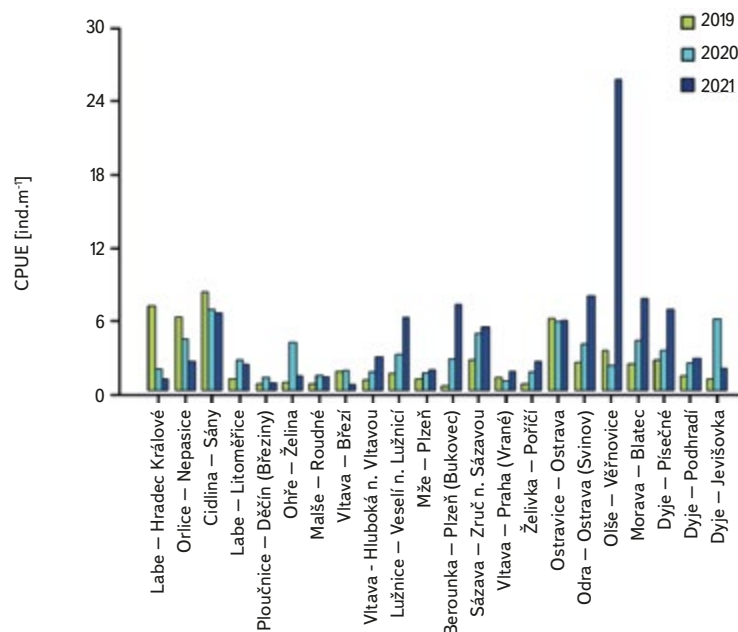
Obr. 4. Abundance jednotlivých druhů juvenilních ryb za období 2019–2021

Fig. 4. The results of juvenile fish survey, abundance of fish species between 2019–2021

**CN** – *Chondrostoma nasus*, **CT** – *Cobitis taenia*, **CY** – *Cyprinus carpio*, **EL** – *Esox lucius*, **GA** – *Gasterosteus aculeatus*, **GC** – *Gymnocephalus cernua*, **GG** – *Gobio gobio*, **GL** – *Romanogobio albipinnatus*, **LC** – *Squalius cephalus*, **LG** – *Lepomis gibbosus*, **LI** – *Leuciscus idus*, **LL** – *Leuciscus leuciscus*, **LT** – *Lota lota*, **NB** – *Barbatula barbatula*, **NM** – *Neogobius melanostomus*, **PF** – *Perca fluviatilis*, **PM** – *Proterorhinus semilunaris*, **PP** – *Phoxinus phoxinus*, **PR** – *Pseudorasbora parva*, **RR** – *Rutilus rutilus*, **RS** – *Rhodeus amarus*, **SE** – *Scardinius erythrophthalmus*, **SG** – *Silurus glanis*, **SL** – *Sander lucioperca*, **ST** – *Salmo trutta m. fario*, **TT** – *Tinca tinca*, **VV** – *Vimba vimba*). Porovnání rozdílů ve společenstvu juvenilních ryb mezi jednotlivými lety (2019–2021) bylo provedeno s použitím euklidovské vzdálenosti (Jaccard index). Pro zhodnocení (beta) diversity společenstva mezi jednotlivými lokalitami ve sledovaném období byl použit Cao index [22].

## VÝSLEDKY

Společenstvo juvenilních ryb bylo poměrně bohaté, celkem bylo zaznamenáno 36 druhů na 22 lokalitách. Ve složení druhového společenstva mezi jednotlivými lokalitami byly značné rozdíly, minimálně byly zaznamenány čtyři druhy na lokalitu (Cidlina – Sáňy v roce 2019), naopak nejvíce druhů (15) bylo uloveno v roce 2021 na lokalitě Labe – Hradec Králové (úsek byl loven pod jezem v blízkosti obce Vysoká nad Labem). Ve sledovaném období bylo v průměru na lokalitách odloveno devět druhů (průměrně bylo zaznamenáno 7,1 druhu na lokalitu v roce 2019, 8,7 v roce 2020 a 9,7 v roce 2021). Mezi druhy s nejvyšší abundancí patřil jelec tloušť (*Squalius cephalus* 56156 ind. [individuum], obr. 4, tab. 1), hrouzek obecný (*Gobio gobio* 52976 ind., obr. 4, tab. 1), hořavka duhová (*Rhodeus amarus* 52518 ind., obr. 4, tab. 1), ouklej obecná (*Alburnus alburnus* 52447 ind., obr. 4, tab. 1), plotice obecná (*Rutilus rutilus* 52007 ind., obr. 4, tab. 1) a parma obecná (*Barbus barbus* 51434 ind., obr. 4, tab. 1). Jednotka lovného úsilí (CPUE [Catch Per Unit Effort]) mezi jednotlivými lety a lokalitami výrazně kolísala, minimální hodnota CPUE byla zaznamenána v roce 2019 na Berounce v Plzni (Bukovec) 0,3 ind.m<sup>-1</sup> (obr. 5) a maximální 25,4 ind.m<sup>-1</sup> na Olši ve Věřnovicích v roce 2021 (obr. 5). Průměrná hodnota CPUE mezi lokalitami a lety dosahovala hodnot 3,3 ind.m<sup>-1</sup>. Průměrná a vyšší hodnota CPUE byla za sledované



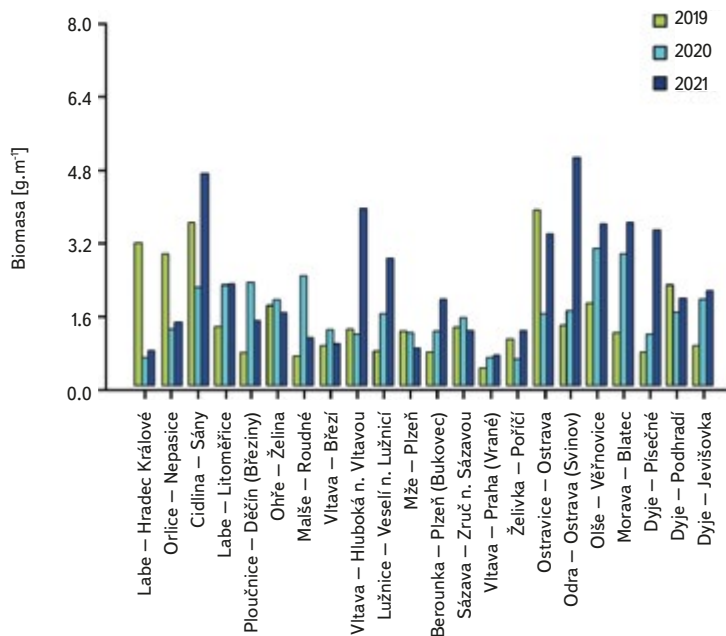
Obr. 5. Výsledky lovného úsilí (CPUE) na sledovaných lokalitách za období 2019–2021

Fig. 5. The results of catch per unit effort (CPUE) at monitored localities between 2019–2021

období zaznamenána ve 23 případech (v roce 2019 na pěti a shodně v letech 2020 a 2021 na devíti lokalitách). Podobně jako CPUE, tak i biomasa ryb vykazovala vysokou variabilitu mezi lety a lokalitami. Nejnížší hodnoty  $0,4 \text{ g.m}^{-1}$  byly zaznamenány v roce 2019 na Vltavě v Praze (Vrané, obr. 6), naopak nejvyšší  $5,0 \text{ g.m}^{-1}$  byly evidovány v roce 2021 na Odře v Ostravě (Svinov, obr. 6). Průměrná hodnota biomasy mezi lokalitami ve sledovaném období dosahovala  $1,8 \text{ g.m}^{-1}$ . Průměrná a vyšší hodnota biomasy byla evidována ve 27 případech (v roce 2019 byla nalezena na sedmi, v roce 2020 na osmi a v roce 2021 na 12 lokalitách). Zhodnocení ekologického stavu podle českého multimetrického indexu (CZI) prokázalo podstatné změny na sledovaných lokalitách, které nastaly během let 2019–2021. Zhoršení stavu bylo zaznamenáno na čtyřech sledovaných lokalitách ve srovnání s předchozími lety (Labe – Hradec Králové, Ploučnice – Děčín/Březiny, Mže – Plzeň, Dyje – Podhradí, obr. 7). Nejnížší hodnoty CZI, a tedy i nejhorší ekologický stav (tj. zničený a poškozený) byly zaznamenány na lokalitách Ohře – Želina ( $0,200$ , obr. 7), Dyje – Jevišovka ( $0,295$ , obr. 7), Cidlina – Sánsy ( $0,305$ , obr. 7), a Dyje – Podhradí ( $0,344$ , obr. 7). Na Ohři v Želíně v populaci dominoval zejména okoun říční (*Perca fluviatilis*), s minoritním podílem plotice obecné a koljušky třísné (*Gasterosteus aculeatus*). Ve společenstvu na Dyji v Jevišovce majoritní podíl tvořily hlavačka poloměsíčitá (*Proterorhinus semilunaris*), hořavka duhová a plotice obecná. Na Cidlině v Sánech tvořili ve společenstvu majoritní podíl hořavka duhová, hrouzek obecný, plotice obecná a střevlička východní (*Pseudorasbora parva*). Na Dyji v Podhradí dominovali ve společenstvu ryb jelec tloušť, plotice obecná a okoun říční. Zlepšení ekologického stavu bylo detekováno celkem na devíti lokalitách (obr. 7). Nejvýraznější zlepšení za sledované období bylo zaznamenáno na čtyřech lokalitách, tj. na Labi v Litoměřicích, Lužnici ve Veselí n. Lužnicí, Vltavě v Praze (Vrané) a Dyji v Písečném. Na lokalitách Orlice v Nepasicích, Olše ve Věřňovicích ekologický stav nabýval 1. třídy (tj. velmi dobrý). U zbývajících lokalit byl stav spíše setrvalý, nedocházelo ani k výraznému zlepšení, ani ke zhoršení (obr. 7). Mnohorozměrné analýzy prokázaly významné rozdíly ve společenstvu juvenilních ryb v letech 2019–2021 ( $P = 0,011$ , obr. 8a), ale nebyly prokázány rozdíly v diverzitě mezi společenstvy napříč sledovanými lokalitami ( $P = 0,086$ , obr. 8b).

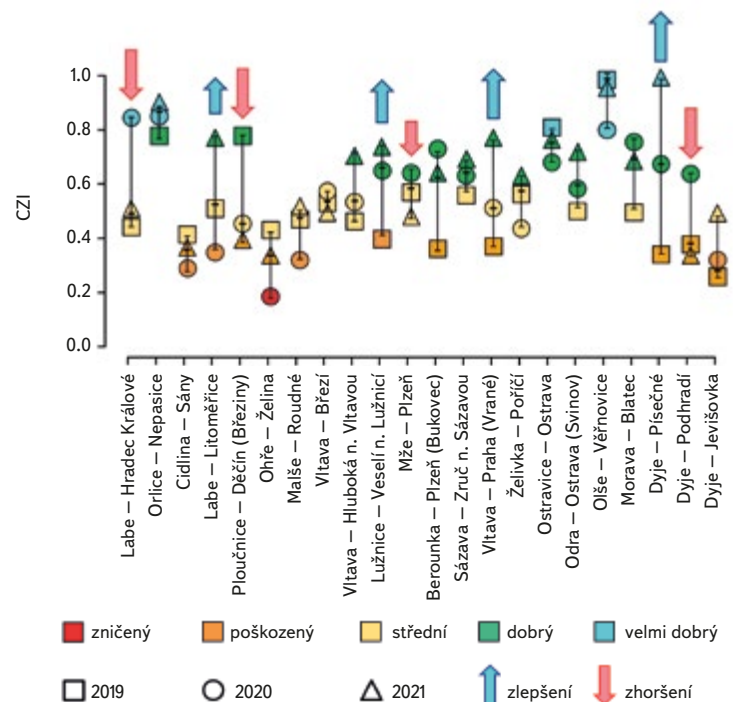
## DISKUZE

Studie byla prováděna napříč ČR. Jednotlivé vodní toky a lokality se od sebe výrazně lišily nejen vodnatostí, geomorfologií, ale i technickými úpravami koryta. Na všech 22 sledovaných lokalitách bylo společenstvo juvenilních ryb velmi rozmanité. Druhová diverzita kolísala napříč jednotlivými lety i lokalitami, celkem bylo zaznamenáno 36 druhů (minimálně byly zachyceny čtyři a maximálně 15 druhů na lokalitu). Hodnoty CPUE vykazovaly poměrně vysokou variabilitu mezi lokalitami i sledovanými lety (obr. 5). Nejnížší hodnoty CPUE ( $0,3 \text{ ind.m}^{-1}$ , obr. 5) byly zaznamenány na Berounce v Plzni v roce 2019, ale v roce 2021 byly již evidovány hodnoty CPUE  $6,8 \text{ ind.m}^{-1}$  (obr. 5). Naopak nejvyšší hodnoty CPUE byly v roce 2021 na Olši ve Věřňovicích  $25,4 \text{ ind.m}^{-1}$ , avšak v předchozích letech byly zaznamenány výrazně nižší abundance ( $4,5$  a  $2,1 \text{ ind.m}^{-1}$ , obr. 5). Obdobně i biomasa vykazovala velkou proměnlivost ve sledovaném období mezi lokalitami i lety, nejnížší hodnoty byly zjištěny na Vltavě v Praze ( $0,4 \text{ g.m}^{-1}$ , obr. 6) v roce 2019, ale v roce 2021 biomasa dosahovala téměř dvojnásobných hodnot (obr. 6). Naopak nejvyšší hodnoty  $5,0 \text{ g.m}^{-1}$  byly v roce 2021 na Odře v Ostravě (v městské části Svinov, obr. 6), nicméně v předchozích letech byly zaznamenány více než třikrát nižší hodnoty biomasy (obr. 6). Výrazné rozdíly v biomase i CPUE mezi jednotlivými lety v rámci téže lokality mohou souviset s meziročními rozdíly, výkyvy teplot či fluktuací hladiny (povodně, sucho), které mají výrazný vliv na reprodukční potenciál ryb i celé jejich společenstvo [6, 24, 25]. Rozdíly v abundanci i biomase mohou být taktéž ovlivněny meziročními biologickými cykly, jako jsou velikosti jednotlivých kohort, které vstupují do rozmnožování [6, 10], jež se mohou mezi jednotlivými lety výrazně lišit. Dále mohou být zapříčiněny i fluktuací dostupné potravy, tj. změnou ve společenstvu mikro a makrozoobentosu, které představuje významný zdroj potravy pro juvenilní ryby [24, 26, 27]. Mimo jiné i výrazná fluktuace teploty má citelný vliv na reprodukci ryb [13, 28], protože vyšší teploty vody mohou přispět k dřívější době tření, naopak náhlý pokles může zpomalit či oddálit tření ryb [13, 29].



Obr. 6. Biomasa juvenilních ryb na sledovaných lokalitách za období 2019–2021

Fig. 6. Biomass of juvenile fish at monitored localities between 2019–2021



Obr. 7. Zhodnocení ekologického stavu na sledovaných lokalitách podle českého multimetrického indexu (CZI) za období 2019–2021

Fig. 7. The evaluation of ecological status using the Czech multimetric index (CZI) at monitored localities between 2019–2021



Tab. 1. Přehled ulovených juvenilních ryb (0+) na sledovaných lokalitách za období 2019–2021  
Tab 1. Summary of juvenile fish (0+) caught at monitored sites for the period 2019–2021

|                             |      | Ouklejš obecná<br><i>Alburnus alburnus</i> | Cejn velký<br><i>Abramis brama</i> | Bolen dravý<br><i>Leuciscus aspius</i> | Úhoř říční<br><i>Anguilla anguilla</i> | Parma obecná<br><i>Barbus barbus</i> | Cejnek malý<br><i>Blicca bjoerkna</i> | Karas stříbřitý<br><i>Carassius gibelio</i> | Ostroretka stěhovavá<br><i>Chondrostoma nasus</i> | Sekavec písečný<br><i>Cobitis taenia</i> | Kapr obecný<br><i>Cyprinus carpio</i> | Štika obecná<br><i>Esox lucius</i> | Koljuška třístná<br><i>Gasterosteus aculeatus</i> | Ježdík obecný<br><i>Gymnocephalus cernua</i> | Hrouzek obecný<br><i>Gobio gobio</i> | Hrouzek běloploutvý<br><i>Romanogobio alpinus</i> | Jelec tloušť<br><i>Squalius cephalus</i> |
|-----------------------------|------|--------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| kód                         |      | AA                                         | AB                                 | AU                                     | AN                                     | BB                                   | BJ                                    | CA                                          | CN                                                | CT                                       | CY                                    | EL                                 | GA                                                | GC                                           | GG                                   | GL                                                | LC                                       |
| Labe – Hradec Králové       | 2019 | 226                                        | 1                                  |                                        |                                        | 1                                    |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                   | 19                                       |
|                             | 2020 | 315                                        |                                    |                                        |                                        | 100                                  |                                       |                                             | 3                                                 |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 15                                   |                                                   | 68                                       |
|                             | 2021 | 40                                         | 2                                  | 1                                      | 37                                     |                                      | 1                                     |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   | 3                                            | 92                                   | 8                                                 | 44                                       |
| Orlice – Nepasice           | 2019 | 8                                          |                                    |                                        |                                        | 117                                  |                                       |                                             | 11                                                |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 108                                  |                                                   | 106                                      |
|                             | 2020 | 48                                         |                                    | 2                                      |                                        | 320                                  |                                       |                                             | 93                                                |                                          |                                       |                                    |                                                   | 1                                            | 50                                   |                                                   | 55                                       |
|                             | 2021 | 31                                         | 2                                  |                                        |                                        | 40                                   |                                       |                                             | 52                                                |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 139                                  |                                                   | 25                                       |
| Cidlina – Sány              | 2019 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 252                                  |                                                   | 20                                       |
|                             | 2020 | 1                                          |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 37                                   |                                                   | 12                                       |
|                             | 2021 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 45                                   |                                                   | 30                                       |
| Labe – Litoměřice           | 2019 | 6                                          | 5                                  |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 18                                   |                                                   | 90                                       |
|                             | 2020 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                   | 36                                       |
|                             | 2021 |                                            |                                    | 5                                      |                                        |                                      |                                       |                                             | 1                                                 |                                          |                                       |                                    |                                                   | 2                                            | 3                                    |                                                   | 110                                      |
| Ploučnice – Děčín (Březiny) | 2019 |                                            |                                    |                                        |                                        | 80                                   |                                       |                                             | 1                                                 |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 10                                   |                                                   | 76                                       |
|                             | 2020 |                                            |                                    |                                        |                                        | 6                                    |                                       | 6                                           | 5                                                 |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 1                                    | 1                                                 | 2                                        |
|                             | 2021 |                                            |                                    | 1                                      |                                        | 2                                    |                                       | 15                                          |                                                   |                                          | 2                                     | 3                                  |                                                   |                                              | 4                                    |                                                   | 39                                       |
| Ohře – Želina               | 2019 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      | 1                                     |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    | 1                                                 |                                              | 2                                    |                                                   | 18                                       |
|                             | 2020 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       | 1                                  | 21                                                |                                              |                                      |                                                   |                                          |
|                             | 2021 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       | 2                                  | 26                                                | 5                                            |                                      |                                                   | 5                                        |
| Malše – Roudné              | 2019 |                                            |                                    |                                        |                                        | 33                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 4                                    |                                                   | 113                                      |
|                             | 2020 | 1                                          |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 8                                    |                                                   | 16                                       |
|                             | 2021 |                                            |                                    |                                        |                                        | 10                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   | 2                                            | 70                                   |                                                   | 77                                       |
| Vltava – Břeží              | 2019 | 1                                          |                                    |                                        |                                        | 11                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 59                                   |                                                   | 173                                      |
|                             | 2020 |                                            |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 19                                   |                                                   | 140                                      |
|                             | 2021 |                                            |                                    |                                        |                                        | 12                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       | 1                                  |                                                   |                                              | 14                                   |                                                   | 37                                       |
| Vltava – Hluboká n. Vltavou | 2019 | 46                                         |                                    | 1                                      |                                        |                                      | 2                                     |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              | 2                                    |                                                   | 6                                        |
|                             | 2020 | 85                                         | 1                                  | 27                                     |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                   | 32                                       |
|                             | 2021 | 15                                         |                                    | 13                                     |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                       |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                   | 5                                        |

|  | Jelec jesen<br><i>Leuciscus idus</i> | Jelec proudník<br><i>Leuciscus leuciscus</i> | Slunečnice pestrá<br><i>Lepomis gibbosus</i> | Mník jednovousý<br><i>Lota lota</i> | Mřenka mramorovaná<br><i>Barbatula barbatula</i> | Hlaváč černoústý<br><i>Neogobius melanostomus</i> | Okoun říční<br><i>Perca fluviatilis</i> | Hlavačka poloměščitá<br><i>Proterorhinus semilunaris</i> | Střevlíčka východní<br><i>Pseudorasbora parva</i> | Plotice obecná<br><i>Rutilus rutilus</i> | Hořavka duhová<br><i>Rhodeus amarus</i> | Perlín ostrobřichý<br><i>Scardinius erythrophthalmus</i> | Sumec velký<br><i>Silurus glanis</i> | Candát obecný<br><i>Sander lucioperca</i> | Pstruh obecný<br><i>Salmo trutta m. fario</i> | Lín obecný<br><i>Tinca tinca</i> | Podoustev říční<br><i>Vimba vimba</i> | Ouklejška pruhovaná<br><i>Alburnoides bipunctatus</i> | Střevle potoční<br><i>Phoxinus phoxinus</i> | Vranka obecná<br><i>Cottus gobio</i> | suma [ind.] |
|--|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
|  | LI                                   | LL                                           | LG                                           | LT                                  | NB                                               | NM                                                | PF                                      | PM                                                       | PR                                                | RR                                       | RS                                      | SE                                                       | SG                                   | SL                                        | ST                                            | TT                               | VV                                    | AP                                                    | PP                                          | CG                                   |             |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          | 98                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 345         |
|  |                                      | 1                                            |                                              |                                     | 3                                                |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 23                                       | 1                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 529         |
|  |                                      | 19                                           | 9                                            | 3                                   |                                                  |                                                   | 6                                       |                                                          |                                                   | 13                                       | 3                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 281         |
|  |                                      | 12                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 362         |
|  |                                      | 6                                            |                                              |                                     | 4                                                |                                                   | 2                                       |                                                          |                                                   | 4                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 585         |
|  |                                      | 12                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 1                                       |                                                          |                                                   | 3                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 305         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 55                                                |                                          | 76                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 403         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 5                                       |                                                          | 78                                                | 99                                       | 295                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 527         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 8                                       |                                                          | 89                                                | 110                                      | 106                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 388         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 8                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  | 4                                     |                                                       |                                             |                                      | 131         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         | 15                                                       |                                                   | 179                                      | 18                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 248         |
|  | 36                                   | 5                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 4                                       |                                                          | 1                                                 | 6                                        | 40                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 213         |
|  |                                      | 2                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 96                                          | 82                                   | 347         |
|  | 1                                    | 6                                            |                                              |                                     |                                                  | 11                                                | 38                                      |                                                          |                                                   | 7                                        | 1                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 85          |
|  | 17                                   |                                              |                                              |                                     |                                                  | 5                                                 | 1                                       |                                                          | 2                                                 | 31                                       |                                         | 1                                                        | 2                                    |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 125         |
|  | 2                                    |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 32                                      |                                                          |                                                   | 56                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 112         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 262                                     |                                                          |                                                   | 105                                      |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               | 3                                |                                       |                                                       |                                             |                                      | 392         |
|  |                                      | 2                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 125                                     |                                                          |                                                   | 10                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 175         |
|  |                                      | 26                                           |                                              |                                     | 3                                                |                                                   |                                         |                                                          | 1                                                 | 2                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             | 103                                  | 285         |
|  |                                      | 2                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 27                                      |                                                          | 19                                                | 13                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 86          |
|  |                                      | 15                                           |                                              |                                     | 10                                               |                                                   | 10                                      |                                                          | 5                                                 | 10                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             | 18                                   | 227         |
|  |                                      | 10                                           |                                              |                                     | 2                                                |                                                   |                                         |                                                          | 26                                                | 19                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 301         |
|  |                                      | 17                                           | 15                                           |                                     |                                                  |                                                   | 51                                      |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             | 1                                    | 243         |
|  |                                      | 9                                            | 2                                            |                                     | 1                                                |                                                   | 27                                      |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             | 30                                   | 133         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 27                                      |                                                          |                                                   | 131                                      |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 216         |
|  | 20                                   |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 41                                      |                                                          |                                                   | 3                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 209         |
|  | 76                                   |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 17                                      |                                                          |                                                   | 10                                       |                                         |                                                          |                                      | 1                                         |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 137         |



|                                |      | Ouklej obecná<br><i>Alburnus alburnus</i> | Cejn velký<br><i>Abramis brama</i> | Bolen dravý<br><i>Leuciscus aspius</i> | Úhoř říční<br><i>Anguilla anguilla</i> | Parma obecná<br><i>Barbus barbus</i> | Cejnek malý<br><i>Blicca bjoerkna</i> | Karas stříbřitý<br><i>Carassius gibelio</i> | Ostroretka stěhovavá<br><i>Chondrostoma nasus</i> | Sekavec písečný<br><i>Cobitis taenia</i> | Kapr obecný<br><i>Gyrinus carpio</i> | Štika obecná<br><i>Esox lucius</i> | Koljuška třístná<br><i>Gasterosteus aculeatus</i> | Ježdík obecný<br><i>Gymnocephalus cernua</i> | Hrouzek obecný<br><i>Gobio gobio</i> | Hrouzek běloploutvý<br><i>Romanogobio albpinnatus</i> | Jelec tloušť<br><i>Squalius cephalus</i> |
|--------------------------------|------|-------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| kód                            |      | AA                                        | AB                                 | AU                                     | AN                                     | BB                                   | BJ                                    | CA                                          | CN                                                | CT                                       | CY                                   | EL                                 | GA                                                | GC                                           | GG                                   | GL                                                    | LC                                       |
| Lužnice –<br>Veselí n. Lužnicí | 2019 | 15                                        | 48                                 |                                        |                                        |                                      | 6                                     | 1                                           |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 33                                   |                                                       | 209                                      |
|                                | 2020 | 36                                        | 55                                 |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   | 2                                        |                                      |                                    |                                                   |                                              | 123                                  |                                                       | 127                                      |
|                                | 2021 | 85                                        | 35                                 | 1                                      |                                        |                                      | 1                                     |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 130                                  |                                                       | 72                                       |
| Mže – Plzeň                    | 2019 |                                           |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             | 1                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 19                                   |                                                       | 82                                       |
|                                | 2020 |                                           |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             | 2                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 8                                    |                                                       | 123                                      |
|                                | 2021 |                                           |                                    |                                        | 6                                      |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 15                                   |                                                       | 50                                       |
| Berounka –<br>Plzeň (Bukovec)  | 2019 |                                           |                                    |                                        |                                        | 1                                    |                                       | 2                                           |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 78                                   |                                                       | 30                                       |
|                                | 2020 |                                           |                                    | 5                                      | 7                                      | 8                                    |                                       | 11                                          |                                                   |                                          | 1                                    |                                    |                                                   | 2                                            | 83                                   |                                                       | 72                                       |
|                                | 2021 |                                           |                                    |                                        |                                        | 18                                   |                                       |                                             | 11                                                |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 305                                  |                                                       | 141                                      |
| Sázava – Zruč<br>nad Sázavou   | 2019 |                                           |                                    |                                        |                                        | 6                                    |                                       |                                             | 2                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 22                                   |                                                       | 113                                      |
|                                | 2020 |                                           |                                    |                                        | 2                                      | 13                                   |                                       |                                             | 4                                                 |                                          |                                      | 1                                  |                                                   |                                              | 18                                   |                                                       | 234                                      |
|                                | 2021 |                                           |                                    |                                        |                                        | 30                                   |                                       |                                             | 3                                                 |                                          |                                      | 2                                  |                                                   |                                              | 228                                  |                                                       | 250                                      |
| Vltava – Praha<br>(Vrané)      | 2019 | 433                                       | 1                                  |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 15                                   |                                                       | 60                                       |
|                                | 2020 | 29                                        |                                    |                                        | 5                                      | 3                                    | 2                                     |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   | 2                                            |                                      |                                                       | 103                                      |
|                                | 2021 | 124                                       | 1                                  | 12                                     | 10                                     | 1                                    |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 2                                    |                                                       | 290                                      |
| Želivka – Poříčí               | 2019 |                                           |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 4                                    |                                                       | 97                                       |
|                                | 2020 |                                           |                                    |                                        | 2                                      |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                       | 195                                      |
|                                | 2021 |                                           |                                    |                                        |                                        |                                      |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 5                                    |                                                       | 192                                      |
| Ostravice –<br>Ostrava         | 2019 | 131                                       |                                    | 3                                      |                                        | 27                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 13                                   |                                                       | 256                                      |
|                                | 2020 | 3                                         |                                    |                                        |                                        | 4                                    |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              |                                      |                                                       | 82                                       |
|                                | 2021 | 14                                        |                                    |                                        |                                        | 3                                    |                                       | 6                                           | 2                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   | 76                                           |                                      |                                                       | 173                                      |
| Odra – Ostrava<br>(Svinov)     | 2019 | 25                                        | 1                                  |                                        |                                        | 21                                   | 2                                     |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 16                                   |                                                       | 184                                      |
|                                | 2020 | 140                                       |                                    |                                        |                                        | 4                                    |                                       | 2                                           | 1                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 8                                    |                                                       | 103                                      |
|                                | 2021 |                                           |                                    |                                        |                                        | 235                                  |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 50                                   |                                                       | 80                                       |
| Olše – Věřňovice               | 2019 | 131                                       |                                    |                                        |                                        | 34                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 17                                   |                                                       | 74                                       |
|                                | 2020 | 4                                         |                                    |                                        |                                        | 58                                   |                                       |                                             | 5                                                 |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 1                                    |                                                       | 66                                       |
|                                | 2021 | 176                                       |                                    |                                        |                                        | 193                                  |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 226                                  |                                                       | 495                                      |
| Morava – Blatec                | 2019 | 20                                        | 6                                  |                                        |                                        |                                      |                                       | 1                                           |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 179                                  |                                                       | 44                                       |
|                                | 2020 | 4                                         |                                    |                                        |                                        | 5                                    |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 22                                   |                                                       | 72                                       |
|                                | 2021 | 38                                        |                                    |                                        |                                        | 22                                   |                                       |                                             |                                                   |                                          |                                      |                                    |                                                   |                                              | 120                                  | 1                                                     | 131                                      |

|  | Jelec jesen<br><i>Leuciscus idus</i> | Jelec proudník<br><i>Leuciscus leuciscus</i> | Slunečnice pestrá<br><i>Lepomis gibbosus</i> | Mník jednovousý<br><i>Lota lota</i> | Mřenka mramorovaná<br><i>Barbatula barbatula</i> | Hlaváč černoústý<br><i>Neogobius melanostomus</i> | Okoun říční<br><i>Perca fluviatilis</i> | Hlavačka poloměščitá<br><i>Proterorhinus semilunaris</i> | Střevlíčka východní<br><i>Pseudorasbora parva</i> | Plotice obecná<br><i>Rutilus rutilus</i> | Hořavka duhová<br><i>Rhodeus amarus</i> | Perlín ostrobřichý<br><i>Scardinius erythrophthalmus</i> | Sumec velký<br><i>Silurus glanis</i> | Candát obecný<br><i>Sander lucioperca</i> | Pstruh obecný<br><i>Salmo trutta m. fario</i> | Lín obecný<br><i>Tinca tinca</i> | Podoustev říční<br><i>Vimba vimba</i> | Ouklejška pruhovaná<br><i>Alburnoides bipunctatus</i> | Střevle potoční<br><i>Phoxinus phoxinus</i> | Vranka obecná<br><i>Cottus gobio</i> | suma [ind.] |
|--|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
|  | LI                                   | LL                                           | LG                                           | LT                                  | NB                                               | NM                                                | PF                                      | PM                                                       | PR                                                | RR                                       | RS                                      | SE                                                       | SG                                   | SL                                        | ST                                            | TT                               | VV                                    | AP                                                    | PP                                          | CG                                   |             |
|  |                                      | 3                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 1                                       |                                                          | 19                                                | 149                                      |                                         | 11                                                       |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 495         |
|  | 1                                    |                                              | 1                                            |                                     |                                                  |                                                   | 3                                       |                                                          | 5                                                 | 27                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  | 2                                     |                                                       |                                             |                                      | 382         |
|  | 25                                   | 35                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 6                                       |                                                          | 5                                                 | 196                                      | 5                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 596         |
|  |                                      | 14                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 116         |
|  |                                      | 52                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 3                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 188         |
|  |                                      | 15                                           |                                              | 12                                  | 22                                               |                                                   | 10                                      |                                                          | 2                                                 | 10                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           | 40                                            |                                  |                                       |                                                       |                                             | 75                                   | 256         |
|  |                                      | 12                                           |                                              |                                     | 1                                                |                                                   |                                         |                                                          | 1                                                 | 2                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 127         |
|  | 12                                   | 43                                           |                                              |                                     | 36                                               |                                                   |                                         |                                                          | 6                                                 | 101                                      |                                         |                                                          | 4                                    |                                           |                                               | 11                               | 2                                     |                                                       |                                             | 6                                    | 410         |
|  | 21                                   | 75                                           |                                              | 4                                   | 17                                               |                                                   |                                         |                                                          | 15                                                | 85                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 11                                          | 703                                  |             |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          | 307                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 450         |
|  |                                      | 3                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 27                                                | 42                                       | 211                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               | 1                                |                                       |                                                       |                                             |                                      | 556         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     | 2                                                |                                                   |                                         |                                                          | 2                                                 |                                          | 256                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 773         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 7                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 516         |
|  | 2                                    | 1                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 64                                       |                                         | 5                                                        |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 216         |
|  | 1                                    | 12                                           |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 2                                       |                                                          | 1                                                 | 15                                       | 1                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 472         |
|  | 3                                    | 2                                            |                                              |                                     | 1                                                |                                                   | 1                                       |                                                          |                                                   | 20                                       |                                         |                                                          |                                      |                                           | 8                                             |                                  |                                       |                                                       | 91                                          |                                      | 227         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 31                                      |                                                          |                                                   | 4                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           | 57                                            |                                  |                                       |                                                       | 324                                         |                                      | 613         |
|  |                                      | 6                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 3                                       |                                                          |                                                   | 73                                       |                                         | 2                                                        |                                      |                                           | 23                                            |                                  |                                       |                                                       | 53                                          |                                      | 357         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     | 1                                                |                                                   |                                         |                                                          | 1                                                 |                                          | 3                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 120                                         |                                      | 555         |
|  |                                      | 1                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 8                                                 |                                          |                                         | 3                                                        |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 464                                         |                                      | 565         |
|  |                                      | 1                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 2                                                 | 1                                        | 2                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 6                                           |                                      | 286         |
|  |                                      | 1                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 4                                                 |                                          | 140                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 394         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 7                                       |                                                          | 4                                                 | 53                                       | 31                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 28                                                    |                                             |                                      | 381         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          | 7                                       |                                                          | 2                                    |                                           |                                               |                                  |                                       | 12                                                    |                                             |                                      | 386         |
|  |                                      | 6                                            |                                              |                                     | 1                                                |                                                   |                                         |                                                          |                                                   |                                          |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 78                                                    | 89                                          |                                      | 430         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     | 1                                                |                                                   | 15                                      |                                                          | 8                                                 |                                          | 2                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       | 5                                           |                                      | 165         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     | 33                                               |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 5                                        |                                         |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 47                                                    | 94                                          |                                      | 1269        |
|  |                                      | 6                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          | 19                                                | 14                                       | 36                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 325         |
|  | 8                                    |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                          |                                                   | 23                                       | 109                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                             |                                      | 243         |
|  |                                      |                                              |                                              |                                     | 7                                                |                                                   | 1                                       |                                                          | 1                                                 | 5                                        | 26                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 26                                                    |                                             |                                      | 378         |

|                  |      | Ouklej obecná<br>Alburnus alburnus | Cejn velký<br>Abramis brama | Bolen dravý<br>Leuciscus aspius | Úhoř říční<br>Anguilla anguilla | Parma obecná<br>Barbus barbus | Cejnek malý<br>Blicca bjoerkna | Karas stříbrný<br>Carassius gibelio | Ostroretka stěhovavá<br>Chondrostoma nasus | Sekavec písečný<br>Cobitis taenia | Kapr obecný<br>Cyprinus carpio | Štika obecná<br>Esox lucius | Koljuška třístná<br>Gasterosteus aculeatus | Ježdík obecný<br>Gymnocephalus cernua | Hrouzek obecný<br>Gobio gobio | Hrouzek běloploutvý<br>Romanogobio alpinus | Jelec tloušť<br>Squalius cephalus |
|------------------|------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| kód              |      | AA                                 | AB                          | AU                              | AN                              | BB                            | BJ                             | CA                                  | CN                                         | CT                                | CY                             | EL                          | GA                                         | GC                                    | GG                            | GL                                         | LC                                |
| Dyje – Písečné   | 2019 | 33                                 |                             |                                 |                                 |                               |                                |                                     |                                            |                                   |                                |                             |                                            |                                       | 106                           |                                            | 19                                |
|                  | 2020 | 9                                  |                             |                                 |                                 |                               |                                |                                     | 1                                          |                                   |                                |                             |                                            |                                       | 96                            |                                            | 174                               |
|                  | 2021 |                                    |                             |                                 |                                 | 1                             |                                |                                     | 11                                         |                                   |                                |                             |                                            |                                       | 55                            |                                            | 179                               |
| Dyje – Podhradí  | 2019 | 11                                 | 10                          |                                 |                                 | 1                             | 3                              |                                     |                                            |                                   |                                |                             |                                            |                                       |                               |                                            | 7                                 |
|                  | 2020 | 49                                 | 1                           |                                 |                                 | 1                             | 3                              |                                     | 2                                          |                                   |                                | 1                           |                                            |                                       | 10                            |                                            | 55                                |
|                  | 2021 |                                    | 10                          |                                 |                                 | 3                             | 10                             | 1                                   |                                            |                                   |                                |                             |                                            | 5                                     |                               |                                            | 63                                |
| Dyje – Jevišovka | 2019 | 64                                 |                             |                                 |                                 |                               |                                | 6                                   |                                            |                                   |                                |                             |                                            |                                       |                               | 2                                          | 5                                 |
|                  | 2020 | 50                                 |                             |                                 |                                 |                               |                                | 31                                  |                                            | 1                                 |                                |                             |                                            |                                       |                               |                                            | 40                                |
|                  | 2021 |                                    |                             |                                 |                                 | 10                            |                                | 15                                  |                                            |                                   |                                |                             |                                            |                                       | 17                            | 3                                          | 60                                |





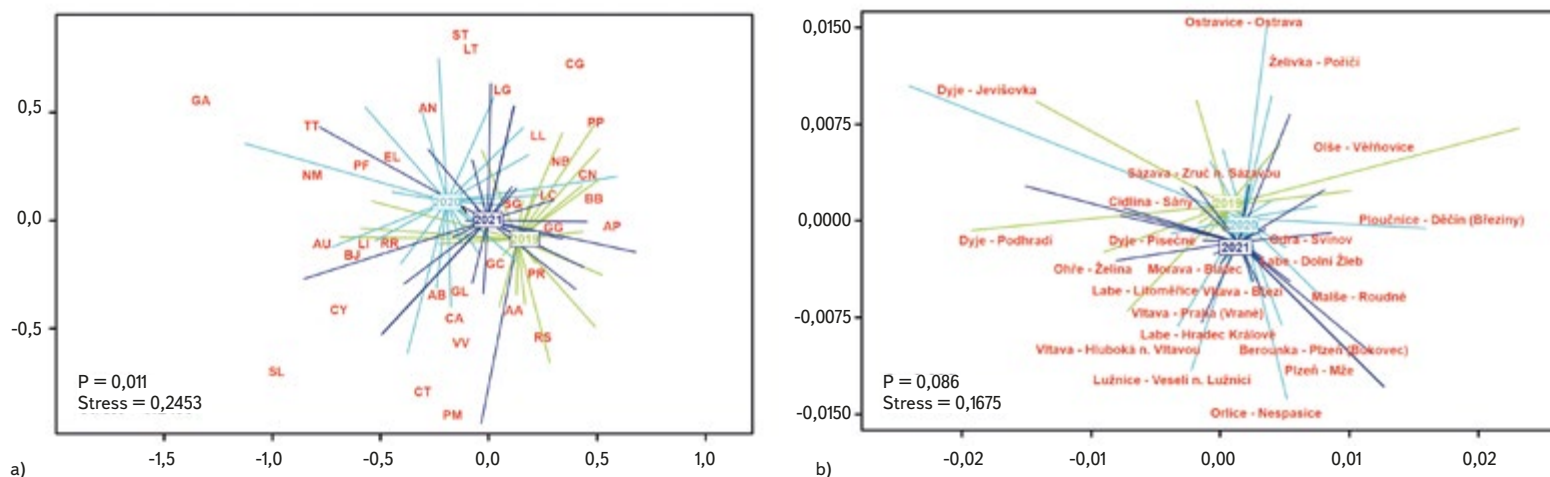
| Jelec jesen<br><i>Leuciscus idus</i> | Jelec proudník<br><i>Leuciscus leuciscus</i> | Slunečnice pestrá<br><i>Lepomis gibbosus</i> | Mník jednovousý<br><i>Lota lota</i> | Mřenka mramorovaná<br><i>Barbatula barbatula</i> | Hlaváč černoústý<br><i>Neogobius melanostomus</i> | Okoun říční<br><i>Perca fluviatilis</i> | Hlavačka poloměsíčitá<br><i>Proterorhinus semilunaris</i> | Sřevlička východní<br><i>Pseudorasbora parva</i> | Plotice obecná<br><i>Rutilus rutilus</i> | Hořavka duhová<br><i>Rhodeus amarus</i> | Perlín ostrobřichý<br><i>Scardinius erythrophthalmus</i> | Sumec velký<br><i>Silurus glanis</i> | Candát obecný<br><i>Sander lucioperca</i> | Pstruh obecný<br><i>Salmo trutta m. fario</i> | Lín obecný<br><i>Tinca tinca</i> | Podoustev říční<br><i>Vimba vimba</i> | Ouklejška pruhovaná<br><i>Alburnoides bipunctatus</i> | Sřevle potoční<br><i>Phoxinus phoxinus</i> | Vranka obecná<br><i>Cottus gobio</i> | suma [ind.] |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| LI                                   | LL                                           | LG                                           | LT                                  | NB                                               | NM                                                | PF                                      | PM                                                        | PR                                               | RR                                       | RS                                      | SE                                                       | SG                                   | SL                                        | ST                                            | TT                               | VV                                    | AP                                                    | PP                                         | CG                                   |             |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                           | 2                                                | 10                                       | 307                                     |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                            |                                      | 477         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         |                                                           | 5                                                | 6                                        | 165                                     | 2                                                        |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 1                                                     |                                            |                                      | 459         |
|                                      |                                              |                                              |                                     | 26                                               |                                                   | 3                                       |                                                           |                                                  | 6                                        | 30                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       | 20                                                    |                                            |                                      | 331         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 57                                      | 6                                                         |                                                  | 27                                       |                                         |                                                          | 1                                    |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                            |                                      | 123         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 6                                       | 39                                                        |                                                  | 43                                       | 9                                       |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  | 1                                     |                                                       |                                            |                                      | 220         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   | 54                                      | 27                                                        | 3                                                | 61                                       | 25                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                            |                                      | 261         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         | 86                                                        |                                                  |                                          | 42                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                            |                                      | 205         |
|                                      |                                              |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         | 200                                                       | 19                                               | 103                                      | 131                                     |                                                          |                                      | 3                                         |                                               |                                  | 2                                     |                                                       |                                            |                                      | 580         |
| 4                                    | 2                                            |                                              |                                     |                                                  |                                                   |                                         | 27                                                        | 2                                                | 10                                       | 35                                      |                                                          |                                      |                                           |                                               |                                  |                                       |                                                       |                                            |                                      | 185         |



Výběr vhodného úseku toku v závislosti na variabilitě prostředí



Po determinaci byly ryby šetrně vypuštěny zpět do řeky



Obr. 8. Podobnosti mezi sledovanými lokalitami na základě společenstva juvenilních ryb, a) výsledky mnohorozměrné analýzy společenstva ryb mezi lety 2019–2021, b) rozdíly ve společenstvu ryb mezi sledovanými lokalitami v letech 2019–2021

Fig. 8. Similarities between monitored localities based on juvenile fish assemblages, a) the results of nonmetric multidimensional scaling of juvenile fish assemblages between 2019–2021, b) differences in juvenile fish assemblages between localities and across years 2019–2021

Lze se domnívat, že výrazný pokles teploty v jarním období může zapříčinit i absenci kohorty, zejména u ryb s dávkovým výtěrem, jako jsou např. jelec tloušť a ostroretka stěhovavá [30]. V roce 2020 byl únor a březen výrazně teplotně nadprůměrný, naopak květen byl teplotně velmi chladný (s odchylkou  $-2,1$  °C od normálu, [31]). Na řadě lokalit byla evidována v tomto roce během odlovů ryb chybějící kohorta, resp. velikostní spektrum se pohybovalo pouze ve dvou kategoriích (cca 20–30 mm a 40–50 mm délky těla), střední kategorie 30–40 mm téměř chyběla (týkalo se to zejména jelce tlouště a ostroretky stěhovavé). I přes značné rozdíly v abundanci jednotlivých druhů (obr. 4) a výrazné variabilitě v druhové diverzitě (obr. 8a) i vzhledem k podstatným rozdílům mezi řadou lokalit (obr. 8b) nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly ve společenstvu juvenilních ryb mezi sledovanými lokalitami ( $P = 0,086$ , obr. 8b), avšak tato hodnota je poměrně blízko k hladině významnosti ( $P = 0,05$ ). Naopak byly zaznamenány významné rozdíly ve společenstvu v období 2019–2021 ( $P = 0,011$ , obr. 8a), kdy se druhová variabilita nápadně měnila během sledovaných let (obr. 8a). Neprůkazné rozdíly ve společenstvu juvenilních ryb mezi lokalitami mohly být zapříčiněny významným zastoupením eurytopních druhů, neboť sledované lokality se nalézají spíše v dolních částech vodních toků, a proto si společenstva mezi lokalitami mohla být i dosti podobná. Naopak významné rozdíly ve společenstvu ryb mezi sledovanými lety mohou poukazovat na zásadní změny, které se odehrávají během jednotlivých let, nebo mohly být zachyceny odrazy běžných meziročních fluktuací jinak stabilního společenstva [25]. Podle českého multimetrického indexu dvě lokality vykazovaly téměř stabilně nejlepší skladbu plůdkového společenstva, tj. výborný ekologický stav (0,863–1,0 CZI, obr. 7). Šlo o Orlici v Nepesicích a Olši ve Věřňovicích. Břehy a dno byly tvořeny středně hrubým štěrskem až pískem. Vyskytovalo se zde značné množství mezohabitatů, které byly vhodné jak pro reprodukci, tak i pro růst a přežívání plůdkového společenstva [32], tj. mělké pláže s malou rychlostí proudu a větším množstvím mrtvého dřeva, jež tvořily vhodný habitat s dostatkem potravy a úkrytů [10, 33]. Naopak nejnižší hodnoty CZI (0,200, 0,296, 0,305, 0,344, obr. 7), které představují „nejhorší“ (zničený až poškozený stav) byly nalezeny na Ohři v Želíně, Dyji v Jevišovce, Cidlině v Sánech a Dyji v Podhradí. Ohře a Dyje byly ovlivněny přilehlými vodními nádržemi (Nechranická, Vranovská a Novomlýnská nádrž), do nichž tvoří hlavní přítoky. Současně nádrže ovlivňují i výsledné společenstvo juvenilních ryb (např. výškou vzdutí i rozmnožováním části obsádky nádrže v přítocích). Ve sledovaných úsecích bylo dno poměrně mělké, kamenité až písčité a jen místy porostlé řasovými nároty a vodními

makrofyty. Na Ohři bylo druhové společenstvo poměrně chudé, s převládající dominancí zejména okouna říčního, menším zastoupením plotice obecné a koljušky tříostné. V jarních měsících míří část obsádky z přehrady do přítoků, kde se rozmnožuje [34, 35]. V brzkých jarních měsících dochází k rozmnožování okouna [35] a následně plotice [36]. Okoun říční je schopen už ve velikosti od 25–30 mm aktivně lovit menší velikosti juvenilních ryb. Těto velikosti běžně dorůstá v průběhu července až srpna [37–39]. Jeho velká abundance společně s enormním predančním potenciálem mu umožní převládnutí ve společenstvu juvenilních ryb, kde následně tvoří dominantní podíl. Nízké hodnoty českého multimetrického indexu na Dyji v Podhradí a v Jevišovce byly způsobeny relativně malou abundancí reofilních druhů, vyšší abundancí eurytopních druhů, jako byly plotice obecná a hořavka duhová, a zejména přítomností nepůvodních druhů, jako byli hlavačka poloměsíčitá, střevlička východní a karas stříbřitý (*Carassius gibelio*). Na Cidlině v Sánech ve společenstvu ryb v daném období klesala abundance hrouzka obecného a postupně začala dominovat plotice obecná a střevlička východní. Společenstvo bylo ovlivněno blízkostí Žehuňského rybníka, který měl vliv na průtokové poměry a teplotní režim a může sloužit i coby rezervoár nepůvodních druhů, jako je střevlička východní. Zhoršení ekologického stavu podle CZI během sledovaného tříletí bylo evidováno na čtyřech lokalitách (Labe – Hradec Králové, Ploučnice – Děčín/Březiny, Mže – Plzeň a Dyje – Podhradí, obr. 7). V daném období nebyla zaznamenána výrazná změna mezohabitatů na sledovaných lokalitách (např. technické úpravy koryta či nadměrné zarůstání koryta makrofyty z důvodu nízkých průtoků). Zhoršení bylo způsobeno zejména přítomností nepůvodních druhů, jež výrazným způsobem snižují hodnotu CZI. Tyto druhy expandují již z nově kolonizovaných území dále nebo jsou záměrně či nezáměrně rozšiřovány s nasadou ryb [40, 41], popřípadě pocházejí z úniků z rybníků a jiných vodních ploch (produkční, okrasné rybníky a jezírka), které jsou situovány v horních částech povodí [42]. Naopak zlepšení stavu během let 2019–2021 bylo zaznamenáno na čtyřech lokalitách (Vltava – Hluboká nad Vltavou, Vltava – Vrané nad Vltavou, Želivka – Poříčí, Dyje – Písečné, obr. 7). Zlepšení může souviset s vytvořením vhodných mezohabitatů pro přežívání plůdku, které vznikly v důsledku výraznějších hydrologických událostí (tj. zvýšených vodních stavů), jež byly zaznamenány především v jarních i podzimních měsících roku 2020 (Český hydrometeorologický ústav, nepublikovaná data). Výrazné fluktuace vodních stavů mohou mít za následek hydromorfologické změny v korytě řek [43, 44], zejména pročištění koryt od jemného anorganického i organického materiálu

(detritu), jež mohou přispět k vytvoření řady mezohabitatů [11]. Ty mohou být následně využitelné pro jednotlivá stadia juvenilních ryb (0+) [32, 45, 46].

## ZÁVĚR

Výsledky studie poukazují na skutečnost, že společenstvo juvenilních ryb (0+) představuje vhodný indikátor ekologického stavu našich vodních toků a je přímo i nepřímo ovlivněno přírodními podmínkami v daném roce. Zlepšení ekologického stavu bylo na mnoha lokalitách pravděpodobně způsobeno především zvýšenými vodními stavy, které působí jako významný korytotvorný prvek a jež zapříčinily odstranění nánosů a vytvoření vhodných mezohabitatů pro rozmnožování a následné přežívání prvních stadií juvenilních ryb (0+), zejména u reofilních druhů. Avšak zhoršení ekologického stavu nebylo zapříčiněno výraznou změnou vhodných habitatů nebo jejich náhlým úbytkem, nýbrž především přítomností nepůvodních druhů, jež hodnotu indexu CZI výrazně snižují. Závěry našeho průzkumu poukazují na skutečnost, že k významným změnám ve společenstvu juvenilních ryb může docházet na téže lokalitě i ve velmi krátkém časovém úseku (jednoho roku). Meziroční změny mohou být i velmi výrazné, a tak je důležité monitoring provádět každoročně, aby bylo možné „běžné“ fluktuace oddělit od zásadních změn probíhajících ve společenstvu juvenilních ryb (0+).

## Literatura

- [1] SÁNCHEZ-PÉREZ, A., OLIVIA-PATERNA, F. J., COLIN, N., TORRAVLA, M., GÓRSKI, K. (2020) Functional response of fish assemblage to multiple stressors in a highly regulated Mediterranean river system. *Science of the total environment* 730: 2–10.
- [2] BARTOŇ, D., BRABEC, M., SAJDLOVÁ, Z., SOUZA, A. T., DURAS, J., KORTAN, D., BLABOLIL, P., VEJŘÍK, L., KUBEČKA, J., ŠMEJKAL, M. (2022) Hydropeaking causes spatial shifts in a reproducing reophilic fish. *Science of the Total Environment* 806: 1–11.
- [3] POIKANE, S., RITTERBUSCH, D., ARGILLIER, C., BIAŁOKOZ, W., BLABOLIL, P., BREINE, J., JAARMA, N. G., KRAUSE, T., KUBEČKA, J., LAURIDSEN, T. L., NÖGES, P., PEIRSON, G., VIRBICKAS, T. (2017) Response of fish communities to multiple pressure: Development of a total anthropogenic pressure intensity index. *Science of the total environment* 586: 502–511.
- [4] ARIAS-REAL, R., GUZIÉTTIRZ-CÁNOVAS, G., MENÉNDEZ, M., MUÑOZ, I. (2022) Drying niches of aquatic macroinvertebrates indicators in intermittent and ephemeral streams. *Ecological indicators* 142: 1–8.
- [5] LAFONT, M., TIXIER, G., MARSALEK, J., JÉZÉQUEL, C., BREIL, P., SCHMITT, L. (2012) From research to operational biomonitoring of freshwaters: suggested conceptual framework and practical solutions. *Ecohydrology and Hydrobiology* 12: 9–20.
- [6] JURAIDA, P., SLAVÍK, O., WHITE, S., ADÁMEK, Z. (2010) Young-of-the-year fish assemblages as an alternative to adult fish monitoring for ecological quality evaluation of running waters. *Hydrobiologia* 644: 89–101.
- [7] KOŽENÝ, P., JANOVSÁ, H., SVOBODOVÁ, J. (2021) Kvalita vody a stav společenstev vodních bezobratlých v drobných tocích Prahy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 5: 4–21.
- [8] MARIN, V., ARRANZ, I., GRENOUILLET, G., CUCHEROUSET, J. (2023) Fish size spectrum as a complementary biomonitoring approach of freshwater ecosystems. *Ecological Indicators* 143: 1–8.
- [9] MOUILLOT, D., GRAHAM, N. A. J., VILLÉGER, S., MASON, N. W. H., BELLWOOD, D. R. (2013) A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 167–177.
- [10] VALOVÁ, Z., JURAIDA, P., JANÁČ, M. (2006) Spatial distribution of 0+ juvenile fish in differently modified lowland rivers. *Folia Zoologica* 55 (3): 293–308.
- [11] LORENZ, A., W., STOLL, S., SUNDERMANN, A., HAASE, P. (2013) Do adult and YOY fish benefit from river restoration measures? *Ecological Engineering* 61: 174–181.
- [12] BUNN, S. E., ARTHINGTON, A. H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30: 492–507.
- [13] JAIN, S., SHARMA, G., MATHUR, Y. P. (2013) Effect of temperature variation on fish in lakes. *International Journal of Engineering Research and Technology* 2: 2 516–2 523.
- [14] ROLLS, R. J., CHESSMAN, B. C., HEINO, J., WOLFENDEN, B., GROWNS, I. O., CHESHIRE, K. J. M., CURWEN, G., RYAN, D., BUTLER, G. L. (2021) Consequences of hydrological alteration for beta diversity of fish assemblages at multiple spatial scales. *Science of The Total Environment* 798: 1–14.
- [15] BRADLEY, J., CARDINALE, J., GONZALEZ, A., ALLINGTON, G. R. H., LOREAU, M. (2018) Is local biodiversity declining or not? A summary of the debate over analysis of species richness time trends. *Biological conservation* 219: 175–183.
- [16] JANÁČ, M., JURAIDA, P., POLÁŠEK, M., NĚMEJCOVÁ, D. *Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích (kategorie řeka) pomocí biologické složky ryby*. VÚV TGM, MŽP ČR. Praha. 2019. 5–12 s.
- [17] JURAIDA, P., ADÁMEK, Z., JANÁČ, M. *Metodika odlovu a zpracování vzorků plůdkových společenstev ryb tekoucích vod*. MŽP ČR. Praha. 2019. 4–5 s.
- [18] NYESTE, K., DOBROCSI, P., CZEGLÉDI, I., CZÉDLI, H., HARANGI, S., BARANYAI, E., SIMON, E., NAGY, S. A., NNTAL, L. (2019): Age and diet-specific trace element accumulation patterns in different tissues of chub (*Squalius cephalus*): Juveniles are useful bioindicators of recent pollution. *Ecological Indicators* 101: 1–10.
- [19] MIKL, L., STIERAND, P., ŽALIO, R., BAŠTÝŘOVÁ, Z., BÁRTA, B., LEONTOVYČOVÁ, D., KODEŠ, V. (2019) *Závěrečná zpráva odlovu ryb 0+ v rámci monitoringu chemického stavu ČR za rok 2019*. 2 s.
- [20] KUBEČKA, J., FROUZOVÁ, J., JÚZA, T., KRATOCHVÍL, M., PRCHALOVÁ, M., ŘÍHA, M. *Metodika monitorování rybích společenstev nádrží a jezer*. Biologické centrum AV ČR, České Budějovice 2010. 23 s.
- [21] MIKL, L., ADÁMEK, Z., ROCHE, K., VŠETIČKOVÁ, L., ŠLAPANSKÝ, L., JURAIDA, P. (2017) Invasive Ponto-Caspian gobies in the diet of piscivorous fish in a European lowland river. *Fundamental Applied Limnology* 190(2): 157–171.
- [22] R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>
- [23] CAO, Y., WILLIAMS, W. P., BARK, A. W. (1997). Similarity measure bias in river benthic Auswuchs community analysis. *Water Environment Research* 69: 95–106.
- [24] BALCOMBE, S. R., ARTHINGTON, A. H., THOMS, M. C., WILSON, G. G. (2011) Fish assemblage patterns across a gradient of flow regulation in and Australian dryland river system. *River research and applications* 27: 168–183.
- [25] CZEGLÉDI, I., SPECZIÁR, A., ERŐS, T. (2021) Temporal dynamics of freshwater fish assemblages, their background and methods of quantifications – A synthesis. *Fish and Fisheries* 23: 93–108.
- [26] RECKENDORFER, W., KECKEIS, H., TIITU, V., WINKLER, G., ZORNIG, H., SCHIEMER, F. (2001) Diet shifts in 0+ nase, *Chondrostoma nasus*: Size-specific differences and the effect of food availability. *Archiv für Hydrobiologie – Supplements* 135: 425–40.
- [27] NUNN, A. D., TEWSON, L. H., COWX, I. G. (2012) The foraging ecology of larval and juvenile fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 377–408.
- [28] CAISSIE, D. (2006) The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology* 51: 1 389–1 406.
- [29] FUJMAN, L. A., BATTY, R. S. (1997) What a drag it is getting cold: partitioning the physical and physiological effects of temperature on fish swimming. *The Journal of Experimental Biology* 200: 1 745–1 755.
- [30] BARUŠ, V., OLIVA, O. (1995) *Fauna ČR a SR. Měhulovci a ryby*. Academia Praha.
- [31] Český hydrometeorologický ústav, *Klimatická ročenka České republiky 2020*. Dostupné z: [https://info.chmi.cz/ročenka/meteo2020/omk\\_2020\\_HQ.pdf](https://info.chmi.cz/ročenka/meteo2020/omk_2020_HQ.pdf)
- [32] CZEGLÉDI, I., ERŐS, T. (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.
- [33] BENTER, S., GÜL, A. (2020) Biological properties of European bitterling *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) in Dinsiz Stream, Turkey. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal* 7 (2): 60–64.
- [34] HLADÍK, M., KUBEČKA, J. (2003) Fish migration between a temperate reservoir and its main tributary. *Hydrobiologia* 504: 251–266.
- [35] ŘÍHA, M., HLADÍK, M., MRKVIČKA, T., PRCHALOVÁ, M., ČECH, M., DRAŠTÍK, V., FROUZOVÁ, J., JÚZA, T., KRATOCHVÍL, J., PETERKA, M., VAŠEK, M., KUBEČKA, J. (2013) Post-spawning dispersal of tributary spawning fish species to a reservoir system. *Folia Zoologica* 62 (1): 1–13.
- [36] VØLLESTAD, L., LABÉE-LUND, J. (1987) Reproductive biology of stream-spawning roach, *Rutilus rutilus*. *Environmental Biology of Fishes* 18: 219–227.
- [37] ROMARE, R. (2000) Growth of larval and juvenile perch: the importance of diet and fish density. *Journal of Fish Biology* 56: 876–889.
- [38] DÖRNER, H., WAGNER, A. (2003) Size-depent predator-prey relationship between perch and their fish prey. *Journal of Fish Biology* 62: 1021–1032.
- [39] KRATOCHVÍL, M., PETERKA, J., KUBEČKA, J., MATĚNA J., VAŠEK, M., VANČÍKOVÁ, I., ČECH, M., SEĎA, J. 2008., Diet of larvae and juvenile perch, *Perca fluviatilis* performing diel vertical migrations in a deep reservoir. *Folia Zoologica* 57(3): 313–323.
- [40] LUSK, S., LUSKOVÁ, V., HANEL, L. (2010) Alien fish species in the Czech Republic and their impact on the native fish fauna. *Folia Zoologica* 59 (1): 57–72.
- [41] TAKÁCS, P., CZEGLÉDI, I., FERINCZ, Á., SÁLY, P., SPECZIÁR, A., VITÁL, Z., WEIPERTH, A., ERŐS, T. (2017) Non-native fish species in Hungarian waters: historical overview, potential sources and recent trends in their distribution. *Hydrobiologia* 795: 1–22.
- [42] COPP, G. H., BIANCO, P. G., BOGUTSKAYA, N., ERIS, T., FALK, I., FERREIRA, M. T., FOX, M. G., FREYHOF, J., GOZLAN, R. E., GRABOWSKA, J., KOVAČ, V., MORENO-AMICH, R., NASEKA, A. M., PEÑAZ, M., POVZ, M., PRZYBYLSKI, M., ROBILLARD, M., RUSSELL, I. C., STAKENAS, S., ŠUMER, S., VILA-GISPERS, A., WIESNER, C. (2005) To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology* 21: 242–262.
- [43] TRNKA, M., BALEK, J., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., MOŽNÝ, M., EITZINGER, J., ŽALUD, Z., HERBERT, F., TURNA, M., NEJEDLÍK, P., SEMERÁDOVÁ, D., HAVLINKA, P., BRÁZDIL, R. (2016) Drought trends over part of central Europe between 1961 and 2014. *Climatic Research* 70: 143–160.



[44] LEDVINKA, O., COUFAL, P. (2019) *Development of streamflow drought indices in the Morava river basin*. In: Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, sborník konference: s. 119–132. ISBN 978-966-7067-38-0.

[45] SCHMUTZ, S., JURAIDA, P., KAUFMANN, S., LORENZ, A. W., MUHAR, S., PAILLEX, A., POPPE, M., WOLTER, C. (2016) Response of fish assemblages to hydromorphological restoration in central and northern European rivers. *Hydrobiologia* 769: 67–78.

[46] MONIRUZZAMAN, M., BHOWMICK, A. R., KARAN, S., MUKHERJEE, J. (2021) Spatial heterogeneity within habitat indicates the community assemblage pattern and life strategies. *Ecological indicators* 123: 1–12.

## Autoři

**Mgr. Libor Mikl, Ph.D.**

✉ libor.mikl@chmi.cz

ORCID: 0009-0000-0593-5225

**RNDr. Pavel Stierand**

✉ pavel.stierand@chmi.cz

ORCID: 0009-0004-6899-8556

**Ing. Robert Žalio**

✉ robert.zalio@chmi.cz

**Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.**

✉ vit.kodes@chmi.cz

ORCID: 0000-0001-9637-6237

Český hydrometeorologický ústav, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.004

## JUVENILE FISH ASSEMBLAGES – APPROPRIATE TOOL FOR MONITORING OF THE ECOLOGICAL STATE OF RIVERS

**MIKL, L.; STIERAND, P.; ŽALIO, R.; KODEŠ, V.**

Czech hydrometeorological institute, Prague

**Keywords:** biomonitoring – juvenile fish assemblages – ecological status – water temperature

Aquatic organisms have a very good ability to reflect the conditions of the environment they live in and, therefore they are often used to assess the ecological status of that particular environment. Juvenile fish assemblages represent an appropriate tool for monitoring of the ecological state of rivers and streams, as they show a very rapid response to changes in the environmental conditions. The goal of this study was to assess juvenile fish assemblages at 22 localities across the Czech Republic between years 2019–2021. Electrofishing gear (battery – backpack unit) was used to sample the juvenile fish assemblages in shallow parts of rivers along riverbanks. The juvenile fish assemblages were relatively diverse. Overall a total of 36 species were found, with a minimum of 4 and a maximum of 15 species per site (average of 9 species per site). Significant differences in juvenile fish assemblages across the different localities and during the various years were observed. The ecological status was assessed using the Czech multimetric index (CZI). Significant ecological state differences were observed – four localities showed a significant worsening of the ecological state and in contrast four localities showed an improvement. Rest of the localities represented a stable ecological status. Sites that showed the best ecological status, where the juvenile fish assemblages corresponded to the natural character of rivers, were Orlice in Nepasice (Hradecký region) and Olše in Věřňovice (Moravian-Silesian region). In contrast, the lowest values of CZI were detected at Ohře – Želina (Ústí nad Labem Region), Dyje – Podhradí n. Dyjí, Dyje – Jevišovka (South Moravian Region) and Cidlina – Sádky (Central Bohemia Region), suggesting a degraded ecological status. It was found that the degradation of the ecological status was caused neither by a significant change in suitable habitats for juvenile fish nor habitat loss, but instead generally by the presence of non-native species that significantly reduce the CZI value. Based on this research it can thus be concluded that significant changes in juvenile fish assemblages at a particular location can occur even within a very short time period (one year). Year to year changes in juvenile fish assemblages can be very significant and for this reason it is important to perform monitoring every year.





# Faktory ovlivňující náklady na výrobu pitné vody

EVA HORVÁTHOVÁ

**Klíčová slova:** pitná voda — podzemní voda — náklady na úpravu pitné vody

## ABSTRAKT

Článek shrnuje poznatky získané v rámci statistické analýzy nákladů na výrobu pitné vody v České republice (dále ČR) v roce 2018. Pochopení faktorů, které ovlivňují náklady na výrobu pitné vody, je důležité pro volbu nákladově efektivního systému veřejného zásobování pitnou vodou. Předkládáme první studii analyzující faktory ovlivňující náklady na výrobu pitné vody v ČR. Testovali jsme následující činitele, zda mají vliv na výrobní náklady pitné vody: množství vyrobené pitné vody, druh surové vody (povrchová vs. podzemní), spotřeba elektrické energie a technologie a chemické látky použité při úpravě vody. Výsledky ukazují, že výroba pitné vody z podzemní vody je levnější než z povrchové vody. Zároveň některé technologie úpravy vody a použití určitých chemických látek zvyšují výrobní náklady. Největší dopad má použití chlornanu sodného, chloru a odstraňování manganu. Dále jsme potvrdili úspory z rozsahu při výrobě pitné vody.

## ÚVOD

Velikost nákladů na úpravu pitné vody závisí na kvalitě surové vody, technologiích úpravy, právních předpisech, používaných zdrojích energie a množství upravené vody [1]. Z technologických procesů úpravy vody má největší vliv na náklady použití gravitační filtrace a aplikace chloru. Náklady na výrobu pitné vody jsou rovněž ovlivněny vzdáleností, na kterou se voda distribuuje od výrobce k zákazníkovi, a způsobem této přepravy [1].

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících náklady na výrobu pitné vody je kvalita surové vody. Četné studie zjistily, že zlepšení kvality zdrojové vody snižuje její náklady na úpravu [2]. Vzhledem k většímu přirozenému čištění podzemních vod je podzemní voda obvykle považována za čistější než voda povrchová [3] a náklady na úpravu podzemních vod jsou nižší než povrchových vod [4].

Přirozené čištění vody patří k jednomu z nejčastěji uváděných přínosů, jež příroda poskytuje lidem, tzv. ekosystémových služeb [5]. Přestože poptávka po oceňování ekosystémových služeb spojených s vodou roste [6], výzkum v této oblasti je stále vzácný [7]. Ocenění ekosystémové služby čištění podzemních vod bylo dosud provedeno jen v Nizozemí použitím metody náhradních výdajů [4]. Při použití této metody lze hodnotu čištění podzemních vod vypočítat jako rozdíl nákladů na úpravu povrchových a podzemních vod. K použití této metody je tedy nutné znát, jak se liší náklady na výrobu pitné vody z povrchových zdrojů a podzemní vody. Tato problematika však v ČR dosud nebyla zkoumána.

Předchozí výzkum faktorů ovlivňujících náklady na výrobu pitné vody se zaměřoval především na Severní Ameriku a západní Evropu. Proto jsme se zaměřili na střední Evropu a analyzovali jsme náklady na výrobu pitné vody v ČR. Podle našich informací se jedná o první studii, která zkoumá parametry ovlivňující náklady na výrobu pitné vody ve střední Evropě.

## DATA

Data byla získána sloučením údajů, jež vlastníci a provozovatelé vodovodů a kanalizací každoročně povinně vykazují příslušným vodoprávním úřadům (vybrané údaje majetkové evidence a vybrané údaje provozní evidence vodovodů a kanalizací, tzv. data VÚME a VÚPE). Tato data byla doplněna o další data, např. sazby poplatků za odběr vody. Analýzu jsme provedli na datech za rok 2018.

Z databáze jsme vyřadili pozorování s příliš nízkou produkcí vody, příliš nízkými nebo příliš vysokými jednotkovými výrobními náklady. Předpokládali jsme, že tato pozorování byla zadána chybně. Dále jsme vyřadili tři odběrná místa, kde více než 50 % produkce vody tvořila voda technologická. Kromě toho jsme vyřadili i lokality, v nichž se používá infiltrace. Po vyčištění dat zůstalo 3 253 pozorování (celkový počet pozorování před čištěním byl 3 566).

## METODIKA

V krátkém časovém období jsou náklady firem, které využívají environmentální vstupy, dány objemem produkce, charakteristikami firmy, náklady na neenvironmentální vstupy, náklady na fixní faktory a charakteristikou využívaného přírodního kapitálu (neenvironmentálního vstupu) [5, 8].

Vzhledem k tomu, že nás nezajímaly dopady na celkové náklady, ale na jednotkové výrobní náklady, použili jsme na základě předchozích výzkumů následující funkci:

$$JNBP = a + \beta_1 \ln VV + \beta_2 EL + \beta_3 PDV\_d + b_1 TECH1 + b_2 TECH2 + \dots + b_{30} TECH30 + e \tag{1}$$

|     |                                                                  |                                                                                             |
|-----|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| kde | <i>JNBP</i>                                                      | jsou jednotkové výrobní náklady bez poplatků za odběr surové vody                           |
|     | <i>VV</i>                                                        | je množství vyrobené vody                                                                   |
|     | <i>EL</i>                                                        | jednotková spotřeba elektrické energie (kWh/m <sup>3</sup> vyrobené vody)                   |
|     | <i>PDV_d</i>                                                     | binární proměnná charakterizující typ surové vody                                           |
|     | <i>proměnné TECH 1–30</i>                                        | jsou binární proměnné charakterizující technologie a chemické látky použité při úpravě vody |
|     | <i>a</i>                                                         | konstanta                                                                                   |
|     | <i>β<sub>1</sub>–β<sub>3</sub>, b<sub>1</sub>–b<sub>30</sub></i> | regresní koeficienty                                                                        |
|     | <i>e</i>                                                         | je reziduum                                                                                 |



Tab. 1. Popisné statistiky  
Tab. 1. Descriptive statistics

| Proměnná              | Popis                                                                                                 | Počet pozorování | Průměr | Směrodatná odchylka | Min. | Max.  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------|---------------------|------|-------|
| JNBP                  | Jednotkové výrobní náklady bez poplatků za odběr surové vody (Kč/m <sup>3</sup> )                     | 3 253            | 12,73  | 9,77                | 0,52 | 49,9  |
| VV                    | Množství vyrobené pitné vody (km <sup>3</sup> /rok)                                                   | 3 253            | 176,1  | 1,82                | 0,02 | 87,16 |
| EL                    | Jednotková spotřeba elektrické energie (kWh/m <sup>3</sup> vyrobené pitné vody)                       | 3 253            | 0,71   | 1,36                | 0    | 43,64 |
| PDV_d                 | Binární p. = 1, pokud byl podíl podzemní vody na celkové produkci vody na daném odběrném místě >= 0,5 | 3 253            | 0,96   | 0,2                 | 0    | 1     |
| Zpracování kalu žádné | Binární p. = 1, pokud nebylo použito zpracování kalu                                                  | 3 253            | 0,36   | 0,48                | 0    | 1     |
| Bez úpravy            | Binární p. = 1, pokud podle VÚME byla kategorie technologie úpravy vody žádná                         | 3 253            | 0,55   | 0,5                 | 0    | 1     |
| Odkyselení            | Binární p. = 1, pokud bylo použito odkyselení filtrací, aerací                                        | 3 253            | 0,1    | 0,3                 | 0    | 1     |
| Odmanganování         | Binární p. = 1, pokud bylo použito odmanganování                                                      | 3 253            | 0,11   | 0,31                | 0    | 1     |
| Filtrace              | Binární p. = 1, pokud byla použita filtrace                                                           | 3 253            | 0,17   | 0,37                | 0    | 1     |
| Chem. dezinfekce      | Binární p. = 1, pokud byla použita dezinfekce chemická                                                | 3 253            | 0,38   | 0,49                | 0    | 1     |
| Chlor                 | Binární p. = 1, pokud byl použit chlor                                                                | 3 253            | 0,11   | 0,31                | 0    | 1     |
| Odželezňování         | Binární p. = 1, pokud bylo použito odželezňování                                                      | 3 253            | 0,12   | 0,32                | 0    | 1     |
| Jiná agregace         | Binární p. = 1, pokud bylo použito jiné agregační činidlo podle VÚME                                  | 3 253            | 0,08   | 0,26                | 0    | 1     |
| Jiná technologie      | Binární p. = 1, pokud byla použita jiná technologie podle VÚME                                        | 3 253            | 0,07   | 0,26                | 0    | 1     |
| Manganistan draselný  | Binární p. = 1, pokud byl použit manganistan draselný                                                 | 3 253            | 0,06   | 0,24                | 0    | 1     |
| Odstranění radonu     | Binární p. = 1, pokud byl odstraňován radon                                                           | 3 253            | 0,08   | 0,27                | 0    | 1     |
| Chlornan sodný        | Binární p. = 1, pokud byl použit chlornan sodný                                                       | 3 253            | 0,87   | 0,33                | 0    | 1     |

Jelikož mezi náklady a množstvím vyrobené vody je často nelineární vztah [1], použili jsme přirozený logaritmus objemu produkce (ln VV). Proměnná PDV\_d se rovnala 1, pokud byl podíl podzemní vody na celkové produkci vody na daném odběrném místě roven nebo větší než 50 %. K dispozici jsme měli informace o 17 technologiích a 13 chemických látkách, jež se používají při úpravě vody. Některé z těchto technologií a chemických látek se však příliš často nepoužívají, resp. jejich použití není časté dle databáze VÚME pro analyzovaný rok (2018). Ke statistické analýze jsme použili jen následujících 13 technologií a chemických látek s 5 % a vyšším použitím ve sledovaném roce:

- odkyselení,
- odstranění manganu,
- filtrace,
- chemická dezinfekce,
- aplikace chloru,
- odstraňování železa,
- bez úpravy kalu,
- bez úpravy (kategorie dle databáze VÚME: bez úpravy, 1stupňová a 2stupňová úprava a infiltrace),
- jiné agregační činidlo,
- jiné technologie,
- manganistan draselný,
- odstraňování radonu,
- chlornan sodný.

Popisné statistiky všech proměnných jsou uvedeny v tab. 1.

Protože náklady na výrobu vody zahrnují poplatky placené za odběr surové vody, vypočítali jsme nejprve jednotkové náklady bez poplatků. Jednotkové náklady bez poplatků pro odběrné místo a (JNBPa) jsme vypočítali jako:

$$JNBPa = \frac{(CNa - PVVa * SPVa - PDVa * SPD)}{VVa} \tag{2}$$

- kde
- CNa jsou celkové výrobní náklady v odběrném místě a
  - PVVa je množství povrchové vody, které se odebere v odběrném místě a
  - SPVa sazba poplatků za odběr povrchové vody v místě a
  - PDVa množství podzemní vody odebrané v místě a
  - SPD sazba poplatků za odběr podzemní vody
  - VVa množství pitné vody vyrobené v místě a

Vzhledem k tomu, že CNa nebyly v databázi zahrnuty, vypočítali jsme je jako:

$$CNa = JNa * VVa \tag{3}$$

- kde
- JNa jsou jednotkové výrobní náklady (Kč/m<sup>3</sup>) uvedené v databázi VÚPE

Tab. 2. Výsledky regrese. Závislá proměnná: JNBP (jednotkové náklady bez poplatků)  
Tab. 2. Regression results. Dependent variable: JNBP (the unit costs without charges)

|                       | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| InVV                  | -1,15*** | -1,14*** | -1,15*** | -1,14*** | -1,14*** | -1,14*** | -1,14*** | -1,13*** | -1,12*** |
|                       | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  | (-0,11)  |
| PDV_d                 | -2,06**  | -2,09**  | -2,13**  | -2,15**  | -2,32*** | -2,37*** | -2,47*** | -2,45*** | -2,24**  |
|                       | (-0,95)  | (-0,94)  | (-0,94)  | (-0,93)  | (-0,90)  | (-0,90)  | (-0,89)  | (-0,89)  | (-0,88)  |
| EL                    | 0,49**   | 0,49**   | 0,49**   | 0,49**   | 0,49**   | 0,49**   | 0,49**   | 0,50**   | 0,52**   |
|                       | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,23)  | (-0,24)  | (-0,24)  |
| Odkyselení            | -0,74    | -0,711   | -0,73    | -0,75    | -0,73    | -0,74    |          |          |          |
|                       | (-0,64)  | (-0,63)  | (-0,62)  | (-0,62)  | (-0,62)  | (-0,62)  |          |          |          |
| Odmanganování         | 2,70***  | 2,71***  | 2,70***  | 2,85***  | 2,93***  | 2,87***  | 2,91***  | 2,94***  | 3,96***  |
|                       | (-0,92)  | (-0,92)  | (-0,92)  | (-0,86)  | (-0,85)  | (-0,86)  | (-0,85)  | (-0,85)  | (-0,61)  |
| Filtrace              | 0,43     | 0,45     | 0,45     | 0,46     |          |          |          |          |          |
|                       | (-0,64)  | (-0,64)  | (-0,64)  | (-0,63)  |          |          |          |          |          |
| Chem. dezinfekce      | 1,39**   | 1,47***  | 1,41***  | 1,42***  | 1,49***  | 1,40***  | 1,28***  | 1,38***  | 1,50***  |
|                       | (-0,61)  | (-0,51)  | (-0,45)  | (-0,45)  | (-0,44)  | (-0,43)  | (-0,41)  | (-0,40)  | (-0,40)  |
| Chlor                 | 4,79***  | 4,82***  | 4,87***  | 4,88***  | 4,87***  | 4,89***  | 4,93***  | 4,96***  | 4,94***  |
|                       | (-0,99)  | (-0,97)  | (-0,93)  | (-0,93)  | (-0,93)  | (-0,94)  | (-0,94)  | (-0,94)  | (-0,94)  |
| Odželeznování         | 1,08     | 1,1      | 1,11     | 1,12     | 1,28     | 1,31     | 1,33     | 1,34     |          |
|                       | (-0,86)  | (-0,86)  | (-0,86)  | (-0,86)  | (-0,82)  | (-0,82)  | (-0,82)  | (-0,82)  |          |
| Zpracování kalu žádné | -0,14    | -0,12    |          |          |          |          |          |          |          |
|                       | (-0,45)  | (-0,44)  |          |          |          |          |          |          |          |
| Bez úpravy            | -0,15    |          |          |          |          |          |          |          |          |
|                       | (-0,61)  |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Jiná agregace         | 1,94**   | 1,94**   | 1,95**   | 1,96**   | 1,94**   | 1,94**   | 1,67**   | 1,86**   | 1,82**   |
|                       | (-0,78)  | (-0,78)  | (-0,78)  | (-0,78)  | (-0,78)  | (-0,78)  | (-0,74)  | (-0,73)  | (-0,73)  |
| Jiná technologie      | 0,75     | 0,76     | 0,77     | 0,76     | 0,84     | 0,86     | 0,88     |          |          |
|                       | (-0,69)  | (-0,69)  | (-0,69)  | (-0,69)  | (-0,67)  | (-0,67)  | (-0,67)  |          |          |
| Manganistan draselný  | 0,33     | 0,33     | 0,33     |          |          |          |          |          |          |
|                       | (-0,9)   | (-0,9)   | (-0,9)   |          |          |          |          |          |          |
| Odstranění radonu     | -0,52    | -0,49    | -0,51    | -0,52    | -0,54    |          |          |          |          |
|                       | (-0,68)  | (-0,66)  | (-0,66)  | (-0,66)  | (-0,66)  |          |          |          |          |
| Chlornan sodný        | 4,73***  | 4,74***  | 4,8***   | 4,79***  | 4,77***  | 4,77***  | 4,78***  | 4,8***   | 4,8***   |
|                       | (-0,87)  | (-0,87)  | (-0,83)  | (-0,83)  | (-0,83)  | (-0,83)  | (-0,83)  | (-0,84)  | (-0,84)  |
| Konstanta             | 11,98*** | 11,85*** | 11,81*** | 11,84*** | 12,01*** | 12,04*** | 12,11*** | 12,07*** | 11,82*** |
|                       | (-1,46)  | (-1,33)  | (-1,31)  | (-1,31)  | (-1,29)  | (-1,29)  | (-1,28)  | (-1,28)  | (-1,26)  |
| Počet pozorování      | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    | 3 253    |
| R2                    | 0,08     | 0,08     | 0,08     | 0,08     | 0,082    | 0,082    | 0,081    | 0,081    | 0,08     |

V závorkách jsou uvedeny robustní standardní chyby \*\*\* p < 0,01, \*\* p < 0,05, \* p < 0,1

## VÝSLEDKY

Nejprve jsme odhadli úplný model zahrnující všechny vysvětlující proměnné, tj.  $\ln VV$ ,  $EL$ ,  $PDV\_d$  a  $TECH$  1–30. Jelikož byla zjištěna heteroskedasticita (Breusch-Paganův test:  $F(16,32) = 5,35$ ,  $\text{Prob} > F = 0,00$ ), byly pro všechny specifikace vypočteny robustní standardní chyby.

Koeficienty byly statisticky signifikantní pro  $\ln VV$ ,  $EL$ ,  $PDV\_d$  a některé  $TECH$  (odmanganování, chemická dezinfekce, chlor, jiné technologie a chlornan sodný). Abychom zjednodušili model, vypouštěli jsme postupně proměnné s nejnižší absolutní hodnotou t-statistiky. Takto jsme postupovali, dokud zůstaly pouze statisticky signifikantní proměnné. Postupně byly vypuštěny v následujícím pořadí proměnné: *Bez úpravy, Zpracování kalu žádné, Manganistan draselný, Filtrace, Odstranění radonu, Odkyselení, Jiná technologie a Odželezňování*. Celkem bylo testováno devět specifikací modelu a výsledky všech těchto specifikací jsou uvedeny v tab. 2, sloupce 1–9. Ve všech testovaných specifikacích modelu byly statisticky signifikantní stejné proměnné.

Z výsledků vyplývá, že společnosti, které vyrábějí pitnou vodu především z podzemní vody, mají výrobní náklady výrazně nižší ve srovnání se společnostmi, jež vyrábějí pitnou vodu převážně z povrchových vod. Velikost tohoto efektu závisí na specifikaci modelu a pohybuje se mezi 2,06 a 2,47. Dále jsme potvrdili úspory z rozsahu, neboť jednotkové náklady výrazně klesají s logaritmem množství vyrobené vody. Toto zjištění bylo signifikantní na 1% hladině významnosti ve všech testovaných specifikacích. Rovněž bylo zjištěno, že se jednotkové výrobní náklady mírně zvyšují s jednotkovou spotřebou elektrické energie (o 0,5 Kč/m<sup>3</sup>). V neposlední řadě jsme zjistili, že některé technologie úpravy vody a použití určitých chemických látek zvyšují výrobní náklady. Největší dopad má použití chlornanu sodného, chloru a odstraňování manganu, jež zvyšují jednotkové náklady o 4,7–4,8 Kč, 4,8–4,96 Kč, resp. 2,7–3,96 Kč.

## ZÁVĚR A DISKUZE

Pro navrhování nákladově efektivních veřejných vodovodních systémů je nezbytné pochopit faktory ovlivňující náklady na úpravu pitné vody. Tento článek přispívá ke stávající literatuře tím, že analyzuje činitele ovlivňující náklady na výrobu pitné vody v ČR v roce 2018. Výsledky ukázaly, že výroba pitné vody z podzemní vody je levnější než výroba vody z povrchových zdrojů. Některé technologie však náklady na úpravu pitné vody zvyšují, a proto může být výroba pitné vody z podzemních vod dražší než z povrchových zdrojů. Dále jsme potvrdili úspory z rozsahu při výrobě pitné vody, což znamená, že centralizovaná úprava vody je nákladově efektivnější. Obdobný výsledek, tj. klesající náklady s logaritmem množství vyrobené pitné vody, ukázaly i předchozí studie [1, 9]. V dalším výzkumu by bylo možné úspory z rozsahu dále testovat s použitím různých specifikací nákladového modelu, např. translog nebo Cobb-Douglasovou funkcí, jak bylo studováno v předchozích studiích [9].

Odhadnutá nákladová funkce vychází z obecné nákladové funkce. Údaje pro některé vysvětlující proměnné ovšem nebyly k dispozici, např. údaje o charakteristikách firem a fixních výrobních faktorech. Také jsme měli omezené údaje o nákladech na neenvironmentální vstupy, např. chyběly údaje o počtech zaměstnanců, vlastnické struktuře a množství zásobovaných zákazníků. Místně specifické faktory však mají největší vliv na výrobní náklady pitné vody [1], proto nedostatek těchto údajů pravděpodobně způsobil nízkou hodnotu koeficientu determinace  $R^2$ . Problém těchto chybějících údajů by bylo možné překonat pomocí panelových dat, neboť fixní efekty kontrolují časově konstantní charakteristiky [10]. Použití panelových dat umožní zohlednit heterogenitu mezi firmami. Při použití modelu s fixními efekty je možné odlišit vliv časově neměnných charakteristik, např. velikosti a manažerských charakteristik firmy, a časově proměnných charakteristik, např. kvality surové vody a používaných technologií. Dále, ačkoli databáze obsahuje údaje o kvalitě surové vody, nebylo možné

tento index použít, jelikož tento údaj chyběl nebo byl v mnoha pozorováních uveden špatně.

Hodnota  $R^2$  byla ve všech odhadnutých modelech poměrně nízká (0,08). Neexistuje však žádný předpoklad o minimální hodnotě  $R^2$  v lineárních regresních modelech. Nízká hodnota  $R^2$  pouze znamená, že jen malá část variability závislé proměnné je vysvětlena použitými vysvětlujícími proměnnými [11]. V našem případě byla nízká hodnota  $R^2$  způsobena místně specifickými faktory, které nejvíce ovlivňují náklady na výrobu pitné vody [1] a jež nebyly do odhadované nákladové funkce zahrnuty z důvodu chybějících údajů. V následném dalším výzkumu je možné tyto údaje spolu s údaji o kvalitě surové vody doplnit a pro odhad nákladové funkce použít.

Výsledky ukazují, že výroba pitné vody z podzemních vod je levnější než z povrchových zdrojů. To je způsobeno obvykle lepší kvalitou podzemní vody ve srovnání s povrchovou vodou [3, 12] v důsledku přirozeného čištění podzemních vod, tzv. regulační ekosystémovou službou čištění vod. Navzdory velkému významu ekosystémových služeb spojených s podzemními vodami jsou tyto služby při rozhodování často zanedbávány, což je dáno převážně tím, že hodnota těchto ekosystémových služeb se obtížně vyjadřuje v peněžních jednotkách [13]. Výsledky předkládané studie je možné použít k vypočítání peněžní hodnoty čištění podzemních vod, jež se používají k výrobě pitné vody. K ocenění je vhodná metoda náhradních výdajů, která již byla použita k ocenění čištění podzemní vody v Nizozemsku [4, 14] i povrchových vod [15]. Pro použití této oceňovací metody je třeba znát rozdíl ve výrobních nákladech pitné vody z povrchových a podzemních zdrojů, což bylo náplní tohoto výzkumu.

V navazujícím výzkumu by bylo vhodné použít panelová data, která by zmírnila nedostatky vzniklé absencí některých proměnných ovlivňujících náklady firem, např. charakteristik vodárenských společností. Dále je potřeba se zaměřit na výzkum vztahu mezi výrobními náklady pitné vody a charakteristikami povodí odběrných míst surové vody, např. na poměr zastoupení různých ekosystémů v povodí. Vliv ekosystémů na výrobní náklady pitné vody již byl řešen v četných studiích mimo střední Evropu, např. [8, 16, 17]. Dle těchto studií surová voda, která se čerpá z odběrných míst, v jejichž povodí převládají lesy, je čistější. Náklady na úpravu této vody jsou nižší v porovnání s vodou, jež se čerpá z povodí, kde převládají obydlené oblasti a zemědělství.

## Poděkování

Děkujeme Ing. Věře Bogdanové a Ing. Ondřeji Lípovi z Ministerstva zemědělství ČR za poskytnutí dat a konzultace.

Tento výzkum byl podpořen Akademií věd ČR, programem Strategie AV21 (projekt č. 21 „Záchrana a obnova krajiny“) a projektem „MAIA“ (Mapping and Assessment for Integrated ecosystem Accounting), výzva EU H2020-SC5-2018-1, grantová smlouva č. 817527.

## Literatura

- [1] PLAPPALLY, A. K., LIENHARD, J. H. Costs for water supply, treatment, end-use and reclamation, *Desalination Water Treat.* 51 (2013) 200–232. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.708996>
- [2] PRICE, J. I., HEBERLING, M. T., NIETCH, C. T. Economic Support for Decisions on Source Water Protection, *J Am Water Works Assoc.* 110 (2018) 56. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/AWWA.1153>
- [3] SCHMIDT, C. K., LANGE, F. T., BRAUCH, H., KÜHN, W. *Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany*, 2003.
- [4] REMME, R. P., EDENS, B., SCHRÖTER, M., HEIN, L. Monetary accounting of ecosystem services: A test case for Limburg province, the Netherlands, *Ecological Economics.* 112 (2015) 116–128. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.015>
- [5] VINCENT, J. R., AHMAD, I., ADNAN, N., BURWELL, W. B. III, PATTANAYAK, S. K., TAN-SOO, J.-S., THOMAS, K. Valuing Water Purification by Forests: An Analysis of Malaysian Panel Data, *Environ Resour Econ (Dordr).* 64 (2016) 59–80. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9934-9>
- [6] EDENS, B., GRAVELAND, C. Experimental valuation of Dutch water resources according to SNA and SEEA, *Water Resources Econ.* 7 (2014) 66–81. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2014.10.003>



[7] VARDON, M., COMISARI, P. *Valuation and treatment of water resource stocks*, in: 19th Meeting of the London Group on Environmental Accounting, London, 2013. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/277005112\\_Valuation\\_and\\_treatment\\_of\\_water\\_resource\\_stocks](https://www.researchgate.net/publication/277005112_Valuation_and_treatment_of_water_resource_stocks) (accessed July 10, 2021)

[8] PRICE, J. I., HEBERLING, M. T. The Effects of Source Water Quality on Drinking Water Treatment Costs: A Review and Synthesis of Empirical Literature, *Ecological Economics*. 151 (2018) 195–209. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.014>

[9] FERRO, G., LENTINI, E. J., MERCADIER, A. C. Economies of scale in the water sector: A survey of the empirical literature, *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*. 1 (2011) 179–193. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/washdev.2011.041>

[10] MULATU, D. W., FENTIE, A., SILKAMÄKI, J. The Impact of forest and non-forest cover on drinking water treatment costs: panel evidence from Ethiopia, *Water and Environment Journal*. 35 (2021) 772–790. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/wej.12669>

[11] WOOLDRIDGE, J. *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 5th ed., South-Western, Cengage Learning, 2012. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781315215402-43>

[12] WARZINIACK, T., SHAM, C. H., MORGAN, R., FEFERHOLTZ, Y. Effect of Forest Cover on Water Treatment Costs, *Water Economics and Policy*. 3 (2017). Dostupné z: <https://doi.org/10.1142/S2382624X17500060>

[13] BERGKAMP, G., CROSS, K. *Groundwater and Ecosystem Services: towards their sustainable use*, Proceedings of the International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS). (2006) 177–193.

[14] HORLINGS, E., HEIN, L., DE JONGH, L., POLDER, M. Experimental monetary valuation of ecosystem services and assets in the Netherlands. *Technical background report*, 2020. Dostupné z: <https://www.cbs.nl/en-gb/background/2020/04/monetary-valuation-of-ecosystem-services-for-the-netherlands>

[15] LA NOTTE, A., MAES, J., DALMAZZONE, S., CROSSMAN, N. D., GRIZZETTI, B., BIDOGLIO, G. Physical and monetary ecosystem service accounts for Europe: A case study for in-stream nitrogen retention, *Ecosyst Serv*. 23 (2017) 18–29. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.002>

[16] LOPES, A. F., MACDONALD, J. L., QUINTEIRO, P., ARROJA, L., CARVALHO-SANTOS, C., CUNHA-E-SÁ, M. A., DIAS, A. C. Surface vs. groundwater: The effect of forest cover on the costs of drinking water, *Water Resour Econ*. 28 (2019) 100123. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2018.06.002>

[17] PRICE, J. I., HEBERLING, M. T. The Effects of Agricultural and Urban Land Use on Drinking Water Treatment Costs: An Analysis of United States Community Water Systems, *Water Economics and Policy*. 4 (2020) 2050008. Dostupné z: <https://doi.org/10.1142/S2382624X20500083>

Článek se souvisejícím výzkumem:

HORVÁTHOVÁ, E. (2022). Analysis of Drinking Water treatment costs – with an Application to Groundwater Purification Valuation. *One Ecosystem*, 7, e82125. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e82125>

## Autorka

**Mgr. et Mgr. Eva Horváthová, Ph.D.**

✉ [horvathova.e@czechglobe.cz](mailto:horvathova.e@czechglobe.cz)

ORCID: 0000-0003-1188-4895

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Brno; Mendelova univerzita, Brno

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.001

# FACTORS AFFECTING THE COST OF DRINKING WATER PRODUCTION

**HORVÁTHOVÁ, E.**

Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Brno; Mendel University, Brno

**Keywords:** drinking water — groundwater — drinking water treatment costs

The article summarizes the findings of a statistical analysis of the cost of drinking water production in the Czech Republic in 2018. Understanding the factors that influence the cost of drinking water production is important for choosing a cost-effective public drinking water supply system. We present the first study analyzing the factors affecting the cost of drinking water production in the Czech Republic. We tested the following factors for their influence on the production costs of drinking water: the quantity of drinking water produced, the type of raw water (surface vs. groundwater), electricity consumption, and treatment technologies and chemicals applied. The results suggested that drinking water production from groundwater was cheaper than from surface water. At the same time, some water treatment technologies and usage of some treatment technologies and chemicals increase production costs. The use of sodium hypochlorite, chlorine and manganese removal have the greatest impact on the production costs. We have also confirmed economies of scale in the production of drinking water.



# Vývoj lokalizace rybníků v Polabské nížině od poloviny 19. století – 1. část – Pardubicko

PAVEL RICHTER

**Klíčová slova:** rybníky – archivní mapy – krajinné změny – zadržení vody v krajině – GIS

## ABSTRAKT

Tento článek je zaměřen na mapování vývoje nížinné krajiny za posledních 180 let související s tlaky na využití nížinných oblastí pro hospodářské účely, včetně přeměny mokřadních biotopů (konkrétně rybníků) na ornou půdu. Polabská nížina byla vybrána jako studijní oblast, protože je v současnosti postižena nedostatkem vody a dochází tam k sezonnímu vysychání drobných vodních toků. Tato problematika bude mít v budoucnu pravděpodobně větší význam, zejména v kontextu očekávaných a pokračujících extrémních klimatických jevů. V rámci výzkumu krajinných změn v Polabské nížině jsou zde prezentovány výsledky z oblasti Pardubicka, kde došlo k největším změnám lokalizace rybníků. Plocha všech typů rybníků podle stability tvoří 6,83 % řešené plochy v oblasti Pardubicka. Podle výskytu na území od doby II. vojenského mapování (1836–1852) do roku 2022 se rybníky dělily na zaniklé, zachovalé a nové. Nejvíce zastoupeny, přibližně dvěma třetinami celkové plochy rybníků podle stability, jsou rybníky zaniklé. Následují zachovalé rybníky a nejmenší výměru mají nové rybníky. Historické – nebo přesněji zaniklé – rybníky byly robustnější než ty současné, tedy měly větší průměrnou velikost. Analýzy ukazují, že rybníky zaniklé byly nahrazeny téměř z poloviny ornou půdou.

## ÚVOD

Hlavním cílem článku bylo zmapování ploch rybníků na Pardubicku v 19. století a v současnosti. Porovnáním jejich výskytu byly zjištěny kromě rybníků nově vzniklých i kontinuálně využívané zachovalé rybníky a lokality zaniklých rybníků, včetně jejich aktuálního využití. Tyto výsledky by měly být vhodným podkladem pro potenciální obnovu mokřadů, případně pro vybudování drobných vodních nádrží na vhodných lokalitách v řešeném území.

První zmínky o rybnících na území současné ČR se datují do 12. století. Největší rozlohu měly rybníky na konci 16. století (180 000 ha), na konci 18. století to bylo již jen 79 000 ha a v roce 1850 pak 35 000 ha, což je nejnižší zaznamenaná rozloha rybníků. Poté se jejich rozloha mírně zvýšila a od roku 1956 činí kolem 50 000 ha. Zarážející je ovšem změna výše produkce ryb na hektar, která od středověku po současnost vzrostla více než desetinásobně [1] (tab. 1).

V minulosti byla v Polabské nížině – především v oblasti Pardubic – rozsáhlejší a komplexnější rybníční soustava než na Třeboňsku. Zatímco na Třeboňsku se převážná část rybníků dochovala, v Polabské nížině byly rybníky z velké části zazemněny za účelem pěstování hospodářských plodin [2]. V druhé polovině 19. století byla hlavní plodinou pěstovanou v nížinách cukrová řepa. Kromě Polabí zejména v povodí Moravy a Dyje na jižní Moravě [3]. Důvodem tohoto stavu bylo, že cukrová řepa dosahuje nejvyšších výnosů v teplém a mírně vlhkém klimatu regionu na určitých půdních typech, konkrétně na černozemi,

Tab. 1. Vývoj rozlohy rybníků na území současné ČR. Zdroj: Příkrýl 2004 [1]  
Tab.1. The development of ponds in the Czech Republic. Source of data: Příkrýl 2004 [1]

| Období / rok    | Plocha rybníků<br>(1 000 ha) | Produkce ryb<br>(kg/ha) |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|
| 12. stol.       | První zmínky                 | –                       |
| Konec 14. stol. | 75                           | 40                      |
| Konec 16. stol. | 180                          | 40                      |
| Konec 18. stol. | 79                           | 30                      |
| 1850            | 35                           | 25                      |
| 1924            | 44                           | 81                      |
| 1956            | 50                           | 137                     |
| 1965            | 50                           | 210                     |
| 1975            | 51                           | 328                     |
| 1985            | 52                           | 393                     |
| 1995            | 52                           | 423                     |

hnědozemí a fluvizemí. Tato kombinace se obvykle vyskytuje v nížinách [4], což mělo za příčinu, že rozvoj řepářství zvýšil poptávku po těžkých, vlhkých půdách. V důsledku toho docházelo k hromadnému rušení rybníků v širších rovinatých nivách. Rybníky v té době zůstaly prakticky jen v chladnějších výrobních oblastech, v úzkých údolích a na extrémně zamokřených místech [3, 5]. Od poloviny 19. století se totiž na vrchol podnikání v potravinářství dostal cukrovarnický průmysl, a to jak na území Čech, tak i Moravy [6], kde obdobnou oblastí jako Polabí byla z hlediska pěstování cukrové řepy a výskytu cukrovarů povodí Kyjovky, Prušánky a Trkmanky v okresech Hodonín [3]. Nejvíce byla v Polabí po roce 1870 zvyšována osevní plocha cukrové řepy v soudních okresech Kolín, Poděbrady, Pardubice, Chlumec nad Cidlinou, Nový Bydžov, Kutná Hora a Holice [7].

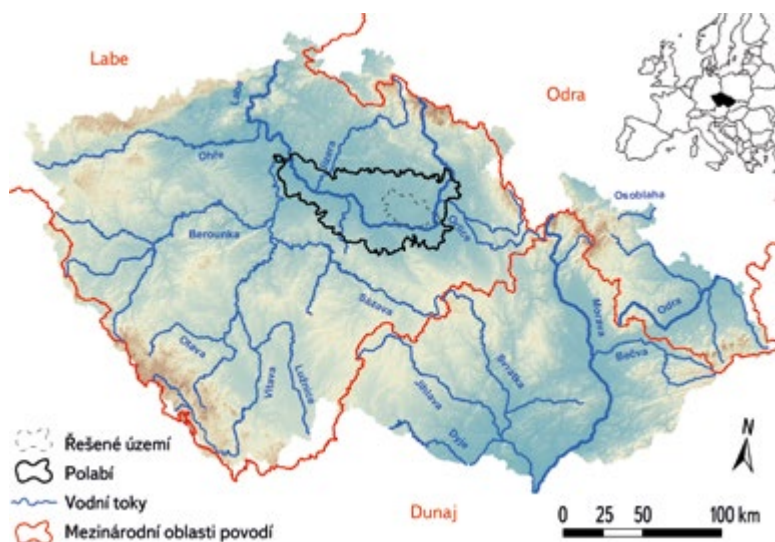
V průběhu 20. století docházelo postupně ke snižování osevní plochy cukrové řepy a v souvislosti s tím byly také rušeny cukrovary. V oblasti Polabské nížiny bylo v relativně nedávné době zrušeno několik desítek cukrovarů (např. v Pardubicích, Hrochově Týnci, Čáslavi, Kolíně, Ratboři, Pečkách či Velimi), jež tam byly v minulosti vybudovány v souvislosti s pěstováním cukrové řepy [7–9]. V současnosti dominuje v Polabské nížině pěstování obilovin, kukuřice a řepky.



## ŘEŠENÉ ÚZEMÍ

Zde uvedené výsledky jsou součástí širšího výzkumu týkajícího se Polabské nížiny, kde byly vytipovány oblasti s největšími změnami výskytu mokřadů, rybníků (jako jednoho z typů mokřadů), maloplošných chráněných území a zachovalých úseků vodních toků.

Oblast Polabské nížiny není v žádném dostupném zdroji úplně přesně vymezena. Z mnoha známých definic Polabské nížiny bylo vybráno území od Jaroměře po soutok Labe s Vltavou u Mělníka. Zájmové území bylo určeno hranicemi hydrologických povodí 4. řádu [10] v kombinaci s typologií současné krajiny ČR [11]. V úvahu byla brána pouze hydrologická povodí 4. řádu patřící podle uvedené typologie do teplé krajiny nížin. Vybrané území Polabské nížiny se skládá z 512 hydrologických povodí 4. řádu o celkové rozloze 424 613,78 ha (obr. 1).



Obr. 1. Zobrazení řešeného území v oblasti Pardubicka v kontextu Polabské nížiny  
Fig. 1. Location of Pardubice region within Polabí lowland

Jako lokality s největším zastoupením historických, resp. současných rybníků v rámci Polabské nížiny byly určeny oblasti Pardubicka a Poděbradska. V tomto článku jsou uvedeny výsledky pro Pardubicko, pro Poděbradsko budou prezentovány v navazujícím článku příštího čísla časopisu VTEI.

Řešené území Pardubicko se nachází na okraji Pardubic a zahrnuje okolí Lázní Bohdaneč a Chlumce nad Cidlinou. Vymezená oblast Pardubicka (obr. 1) se skládá z 56 hydrologických povodí 4. řádu o celkové rozloze 50 104,5 ha, tj. zaujímá zhruba jednu osminu rozlohy dané oblasti Polabské nížiny. Tato povodí 4. řádu patří do následujících povodí 3. řádu: 1-03-01 Labe od Orlice po Loučnou, 1-03-04 Labe od Chrudimky po Doubravu, 1-04-02 Cidlina po Bystřici, 1-04-03 Bystřice, 1-04-04 Cidlina od Bystřice po ústí a Labe od Cidliny po Mrlinu a 1-04-05 Mrlina a Labe od Mrliny po Výrovku [10].

## METODIKA

Prvním krokem byl výběr a následné porovnání současného a historického stavu lokalit nových, zachovalých a zaniklých rybníků v Polabí na základě interpretace mapových podkladů.

Pro primární detekci výskytu rybníků byla vybrána mapa II. vojenského mapování. K zobrazení současného stavu rybníků a ostatních vodních ploch byly primárně použity aktuální Základní mapa ČR 1 : 10 000 (ZM 10) a aktuální ortofotomapa ČR.

Dalším krokem byl terénní průzkum lokalit s největším podílem historických a současných rybníků pro ověření jejich aktuálního stavu, resp. stavu lokalit zaniklých rybníků.

## POUŽITÉ MAPOVÉ PODKLADY

Základním podkladem pro tvorbu vektorové vrstvy k analýze vývoje rybníků v řešeném území byla pro zobrazení historického stavu území mapa II. vojenského mapování (znázorňující stav území v letech 1836–1852 v měřítku 1 : 28 800), dostupná na Geoportálu CENIA jako WMS služba [12]. Pro přiblížení stavu krajiny před II. vojenským mapováním byla použita mapa I. vojenského mapování (znázorňující stav území šedesátých až osmdesátých let 18. století v měřítku 1 : 28 800), již lze nalézt v mapové prohlížečce na stránkách Arcanum Maps – The Historical Map Portal [13]. Müllerova mapa Čech z roku 1720 je pak nejspíše k dohledání v rámci mapové prohlížečky Archivu Zeměměřického úřadu [14]. Obě mapování nemají ještě přesné geodetické základy, avšak vodní plochy jsou na nich pro identifikaci jejich historického výskytu zobrazeny dostatečně. Pro analýzu současného stavu byly jako podklady použity ortofotomapa ČR (zobrazující stav z roku 2021), ZABAGED® a Základní mapa ČR 1 : 10 000 (ZM 10), všechny dostupné na Geoportálu ČÚZK [15] jako WMS služba.

V rámci zpracování těchto mapových a tabelárních výstupů jsou tu prezentovány výsledky týkající se změny rozlohy a lokalizace rybníků. Podle stability byly rybníky klasifikovány jako zachovalé, zaniklé a nové. V případě, že se historický rybník dochoval na menší ploše, byla zachovalá plocha tohoto rybníka klasifikována jako rybník zachovalý a nahrazená (zmizelá) plocha téhož rybníka byla klasifikována jako rybník zaniklý. Obdobně bylo postupováno v případě, že plocha rybníka byla oproti minulosti naopak větší. Pro všechny analýzy byly použity pouze polygony s minimální velikostí 0,01 ha z důvodu minimalizace prostorové nepřesnosti.

V rámci analýz krajinných změn šlo pouze o rybníky, nebyly započítány ostatní vodní plochy, jako jsou nádrže pro pitnou vodu, koupaliště, požární nádrže, vodní plochy v bývalých kamenolomech a vodní plochy vzniklé těžbou písku nebo cihlářské hlíny aj.



Obr. 2. Zobrazení řešeného území v oblasti Pardubicka na současně ZM 10  
Fig. 2. The researched area in the Pardubice region on current BM10





Obr. 3. Zobrazení řešeného území v oblasti Pardubicka na mapě II. vojenského mapování

Fig. 3. The researched area in the Pardubice region on a map of the 2nd military mapping



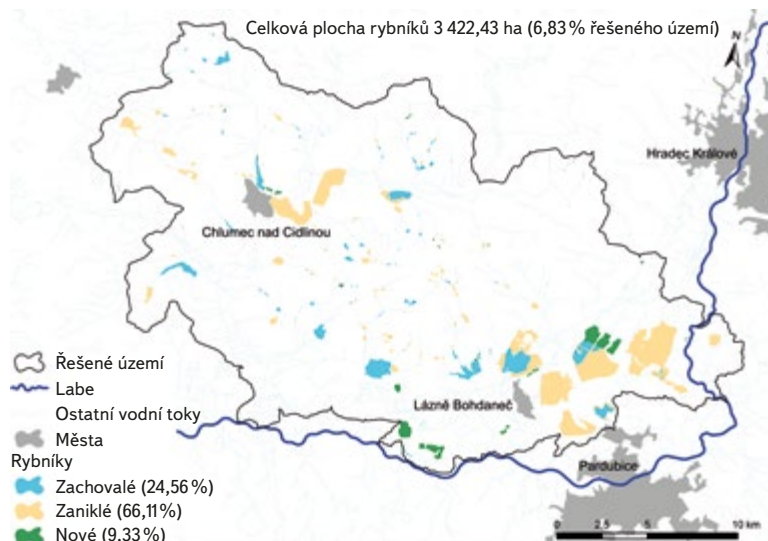
Obr. 5. Zobrazení řešeného území v oblasti Pardubicka na podkladě Müllerova mapování

Fig. 5. The researched area in the Pardubice region on Müller's mapping



Obr. 4. Zobrazení řešeného území v oblasti Pardubicka na mapě I. vojenského mapování

Fig. 4. The researched area in the Pardubice region on a map of the 1st military mapping



Obr. 6. Vývoj lokalizace rybníků v oblasti Pardubicka

Fig. 6. The development of the localisation of ponds in the Pardubice region

## VÝSLEDKY

Při prvotní vizuální detekci a následné analýze změn lokalizace rybníků v Polabské nížině nad mapami II. vojenského mapování a současnými podklady (ZM 10 a ortofotomapou) byla vytipována dvě území s největším podílem historických a současných rybníků, a to v oblasti Pardubicka a Poděbradska.

Zde jsou prezentovány výsledky pro oblast Pardubicka. Při zbežném pohledu na řešené území na mapě II. vojenského mapování a současné ZM 10 je zřejmé, že došlo k úbytku rozlohy rybníků a zejména k zániku nebo redukci velkých rybníčních ploch (obr. 2 a 3). Z podkladů Müllerova mapování a I. vojenského mapování vyplývá, že v oblasti Pardubicka bylo v průběhu 18. století větší zastoupení rybníků než v polovině 19. století. Za zmínku stojí robustní rybník Rutvas u Chlumce nad Cidlinou, který se na mapě II. vojenského mapování již nenalézá (obr. 4 a 5).

Rozloha všech typů rybníků podle stability tvoří 6,83 % řešené plochy v oblasti Pardubicka. Největší zastoupení mají zaniklé rybníky – 66,11 % rozlohy všech rybníků podle stability (2 262,63 ha). Následují zachovalé rybníky s 24,56 % (840,51 ha) a nejmenší výměru představují nové rybníky 9,33 % (319,29 ha) (obr. 6, tab. 2). Průměrná plocha zaniklých rybníků je 23,82 ha, zachovalých rybníků 11,68 ha a nových rybníků pouze 4,91 ha. Minimální velikost plochy zachovalých a nových rybníků je totožná s minimální velikostí, která byla při analýze dat uvažována, u zaniklých rybníků je to pak 0,5 ha. Pro maximální velikosti plochy platí taktéž, že nejrobustnější byly rybníky zaniklé, nejméně robustní jsou rybníky nové (tab. 2).



Tab. 2. Krajinně ekologické charakteristiky vývoje rybníků podle stability v oblasti Pardubic  
 Tab. 2. Landscape-ecological characteristics of pond development according to stability in Pardubice region

| Pardubicko (50 104,5 ha)                           |         |           |        |
|----------------------------------------------------|---------|-----------|--------|
| Rybníky 1836/1852–2022                             | zaniklé | zachovalé | nové   |
| Výměra [ha]                                        | 2262,63 | 840,51    | 319,29 |
| Počet plošek [ks]                                  | 95      | 72        | 78     |
| Minimální velikost plochy [ha]                     | 0,50    | 0,01      | 0,01   |
| Maximální velikost plochy [ha]                     | 520,45  | 145,34    | 63,84  |
| Průměrná velikost plochy [ha]                      | 23,82   | 11,68     | 4,91   |
| Podíl na celkové ploše rybníků v řešeném území [%] | 66,11   | 24,56     | 9,33   |
| Poměr k celkové ploše řešeného území [%]           | 4,52    | 1,68      | 0,63   |

Orná půda v současnosti pokrývá 49,31 % rozlohy zaniklých rybníků, významný je též podíl lesní půdy a trvalého travního porostu (TTP) (27,96 %, resp. 12,12 %). Bažiny a močály nahradily 3,85 % plochy zaniklých rybníků, zatímco zastavěná území 4,51 % jejich plochy. Ostatní land use typy na místech zaniklých rybníků nepřekračují 1 % jejich celkové rozlohy (tab. 3).

Ačkoli téměř polovinu plochy zaniklých rybníků zaujímá orná půda, je zde velký podíl jejich nahrazení lesní půdou. Nejrozsáhlejší z nich je oblast zaniklých rybníků Oplatil, Rozkoš a Velká Čeperka mezi Pardubicemi, Lázněmi Bohdaneč a Opatovicemi nad Labem (obr. 7).

Tab. 3. Současné land use typy na místě zaniklých rybníků v oblasti Pardubic  
 Tab. 3. Current land use types in places of disappeared ponds in Pardubice region

| Land use                       | ha       | %     |
|--------------------------------|----------|-------|
| Orná půda                      | 1 115,80 | 49,31 |
| Les                            | 632,56   | 27,96 |
| TTP                            | 274,33   | 12,12 |
| Bažiny, močály                 | 87,12    | 3,85  |
| Zástavba                       | 102,12   | 4,51  |
| Sady, parky a zahrady          | 20,08    | 0,89  |
| Křoviny                        | 21,72    | 0,96  |
| Vodní toky                     | 4,06     | 0,18  |
| Lomy, skládky a ostatní plochy | 4,90     | 0,22  |

Současný stav části tohoto území, resp. stav v srpnu 2022 (v době terénních průzkumů na Pardubicku v oblasti zaniklých rybníků), je znázorněn na obr. 8–11. Jde o současné rybníky Oplatil I. a II. a Malá Čeperka. Zatímco rybníky Oplatil I. a II. jsou lokalizovány zčásti na místě historického rybníka Oplatil a částečně na místě historických bažin a mokřích luk, rybník Malá Čeperka se celý nachází na místě historických bažin a mokřích luk v sousedství lokality, kde se rozprostíral rybník Velká Čeperka. V lokalitě je v současnosti několik vodních ploch vzniklých těžbou štěrkopísku a také je zde chatová osada. Tato lokalita je dnes využívána jak k rekreaci, tak stále ještě i k těžbě štěrkopísku. Historický rybník Rozkoš je nyní téměř celý zalesněn.



Obr. 7. Lokality historických rybníků Oplatil, Rozkoš a Velká Čeperka na podkladě současné ortofotomapy ČR

Fig. 7. Places of historical ponds Oplatil, Rozkoš a Velká Čeperka based on the current orthophoto map of the Czech Republic



Obr. 8. Rybník Oplatil I. (srpen 2022)

Fig. 8. Pond Oplatil I. (August 2022)



Obr. 9. Rekreační využití na břehu vodní plochy Machač vzniklé těžbou štěrkopísku (srpen 2022)

Fig. 9. Recreational use near the Machač water reservoir, created by gravel sand mining (August 2022)





Obr. 10. Rybník Malá Čeperka (srpen 2022)  
Fig. 10. Pond Malá Čeperka (August 2022)



Obr. 11. Jedna z příjezdových cest k chatové osadě Malá Čeperka (srpen 2022)  
Fig. 11. One of the access roads to the Malá Čeperka cottage settlement (August 2022)



Obr. 12. Lokality zaniklých rybníků v oblasti Chlumce nad Cidlinou na podkladě současné ortofotomapy ČR  
Fig. 12. Places of disappeared ponds in the Chlumec nad Cidlinou area based on the current orthophoto map of the Czech Republic



Obr. 14. Současný stav krajiny na místě zaniklého Chlumeckého rybníka u Chlumce nad Cidlinou (březen 2023)  
Fig. 14. The current state of the landscape in the disappeared Chlumecký pond near Chlumec nad Cidlinou town (March 2023)



Obr. 13. Současný stav krajiny na místě zaniklého Chlumeckého rybníka u Nového Města (březen 2023)  
Fig. 13. The current state of the landscape in the disappeared Chlumecký pond near Nové Město village (March 2023)



Obr. 15. Podmáčená orná půda v lokalitě zaniklého Chlumeckého rybníka u Chlumce nad Cidlinou (březen 2023)  
Fig. 15. Waterlogged arable land in the locality of the disappeared Chlumecký pond near Chlumec nad Cidlinou town (March 2023)

Jednou z nejrozlehlejších lokalit, kde byly rybníky nahrazeny převážně ornou půdou, je krajina na východ od Chlumce nad Cidlinou, kde jsou na mapě II. vojenského mapování zaznamenány Chlumecký, Písecký a Kosický rybník. V těchto oblastech jsou na orné půdě (ale též na TTP) patrné známky sezonního podmáčení jak na místě zaniklých rybníků, tak i v jejich sousedství, na místě historického výskytu bažin a mokřých luk (obr. 12). Současný stav krajiny na místě zaniklého Chlumeckého rybníka, resp. stav v březnu 2023, je znázorněn na obr. 13–15. Jde o TTP vykazující znaky podmáčení, částečně s rákosovým porostem u Nového Města. Dále je zaznamenán aktuální stav krajiny využívané jako orná půda u Chlumce nad Cidlinou, kde jsou patrné podmáčené lokality taktéž částečně s rákosovým porostem.

## DISKUZE

Zatímco v minulosti byly za rybníky považovány všechny uměle vytvořené vodní plochy opatřené hrází nebo vyhloubené lidskou činností [2], v současnosti existuje velké množství typů vodních ploch podle využití a není známa žádná oficiální databáze, kde by byly rybníky odlišeny od ostatních vodních ploch. Ani v polovině 19. století se ještě přesně nevymezoval rozdíl mezi nádrží (požární, hospodářskou aj.) a rybníkem (tj. vodní plochou určenou výhradně pro chov ryb). Z tohoto důvodu můžeme tedy všechny vodní plochy zakreslené na mapách II. vojenského mapování považovat za rybníky [2, 3].

Výsledky z oblasti Pardubicka týkající se rozlohy rybníků podle stability nekorespondují s údaji pro celou ČR, jež jsou uvedeny v tab. 1. Zatímco na Pardubicku od poloviny 19. století do současnosti mají největší zastoupení zaniklé rybníky – 66,11 % rozlohy všech rybníků podle stability, následují zachovalé rybníky s 36,56 % a nejmenší výměru mají nové rybníky 13,4 %, pro celou ČR je uvedeno, že nejmenší rozloha rybníků byla v polovině 19. století a od té doby se mírně zvyšovala. Tento rozdíl je zřejmě dán tím, že v nížinách byl obecně tlak na další vlnu rušení rybníků až ve druhé polovině 19. století v souvislosti s pěstováním cukrové řepy [2–7]. V Polabí byly pěstovány dvě třetiny produkce cukrové řepy v Čechách. Z tohoto důvodu docházelo ve druhé polovině 19. století k rušení rybníků, ačkoli jejich velká část zde zanikla již dříve [2, 16], což je patrné např. z podkladů I. vojenského mapování a Müllerova mapování. Na obr. 3–5 je tento trend potvrzen i pro oblast Pardubicka.

Pro kategorizaci rybníků podle stability na zaniklé, zachovalé a nové byla zvolena metodika používaná v krajinné ekologii (např. ve studii Skaloše et al. [17]). V případě, že se historický rybník dochoval na menší ploše, byla zachovalá plocha tohoto rybníka klasifikována jako rybník zachovalý a zaniklá plocha toho samého rybníka byla klasifikována jako rybník zaniklý. Obdobně bylo postupováno v případě, že pokud byla plocha rybníka oproti minulosti větší, tato plocha byla hodnocena jako rybník nový. Naproti tomu v projektu zabývajícím se historickými rybníky ČR byla jako výchozí stav brána v potaz rozloha a lokalizace konkrétního historického rybníka zaznamenaného na II. vojenském mapování a pro interpretaci v současnosti mu byl přiřazen atribut rybníka zachovalého (v přibližně stejném rozsahu/ve výrazně menším rozsahu/ve výrazně větším rozsahu) nebo rybníka zaniklého (zcela zaniklý/v současnosti jen nepatrná velikost/v současnosti jiný typ vodní plochy) [2, 18]. Z uvedených údajů vyplývá, že nebyly uvažovány rybníky nové a že plocha konkrétního historického rybníka v žádném případě nebyla rozdělena na část zachovalou a zaniklou.

## ZÁVĚR

Rozloha všech typů rybníků (podle stability) tvoří 6,83 % vymezeného území Pardubicka. Největší zastoupení mají zaniklé rybníky, celkem 66,11 % rozlohy rybníků podle stability (2 262,57 ha). Následují zachovalé rybníky s 36,56 % (840,51 ha) a nejmenší výměru mají nové rybníky 13,4 % (319,29 ha). Průměrná plocha zaniklých

rybníků je 23,82 ha; u zachovalých rybníků je to 11,68 ha a u nových rybníků pouze 4,91 ha. Orná půda v současnosti pokrývá 49,31 % plochy zaniklých rybníků, významný je též podíl lesní půdy a TTP (27,96 %, resp. 12,12 %). Bažiny a močály nahradily 3,85 % plochy zaniklých rybníků, zatímco zastavěná území tvoří 4,51 % jejich plochy. Ostatní kategorie land use zabírají v místech zaniklých rybníků jen malé plochy. Zde uvedené výsledky přispívají k pochopení dynamiky změn rybníků na úrovni krajiny a jsou důležité pro základní výzkum krajinné ekologie. Z praktického hlediska mohou být uvedené výsledky zdrojem inspirace pro ty, kteří rozhodují o hospodaření na rybnících v krajinném kontextu. Využití této studie pro obnovu rybníků na místech jejich historického výskytu (zaniklé rybníky) je velice konkrétní. Lze proto důvodně předpokládat, že takové lokality jsou optimální z hlediska funkčních parametrů krajiny a managementu rybníků jako jednoho z typu mokřadů. V tomto území došlo v minulosti k velkým změnám z hlediska využití krajiny, způsobeným především intenzivní zemědělskou činností a s tím souvisejícími úpravami vodních toků a melioracemi. Proto je zde významný prostor pro navrzení krajinných úprav v povodí za účelem zadržení vody v krajině. Jednou z nabízejících se možností je obnova rybníků, tj. jednoho z typů mokřadních biotopů jakožto jednoho z několika způsobů tzv. boje se suchem. Avšak tento projekt přinesl prvotní ucelené a rozsáhlé informace o lokalizaci historických rybníků.

## Poděkování

*Příspěvek vznikl v rámci řešení interního grantu VÚV TGM č. 3600.54.03/2022 Voda v krajině jako indikátor změn území v Polabské nížině a v rámci výzkumu Centra pro krajinu a biodiverzitu (Technologická agentura ČR SS02030018).*

## Literatura

- [1] PŘÍKRÝL, I. Historický vývoj našeho rybníkářství a rybníčních ekosystémů. Veronika, 2004, 1, pp. 7–10.
- [2] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPI, P. a kol. Historické rybníky České republiky: srovnání se stavem v 2. polovině 19. století. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, 2014, 167 s.
- [3] HAVLÍČEK, M., SVOBODA, J., DOSTÁL, I. Vliv rozvoje cukrovarnictví v okrese Hodonín na změny využití krajiny a dopravní infrastrukturu. Listy cukrovarnické a řepařské, 2013, 129 (9–10), pp. 312–316.
- [4] JÜZL, M. a kol. Rostlinná výroba III: Okopaniny. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 2000, 222 s.
- [5] LÖW, J., MÍČAL, I. Krajinný ráz. Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce, 2003, 552 s.
- [6] DUDEK, F. Cukr jako bílé zlato. Listy cukrovarnické a řepařské, 1993, 109 (2), pp. 42–43.
- [7] DUDEK, F. Vývoj cukrovarnického průmyslu v českých zemích do roku 1872. Academia, Praha, 1979, 218 s.
- [8] ČÍŽ, K. Historie a tradice výroby cukru na území České republiky. Listy cukrovarnické a řepařské, 2006, 122 (7–8), pp. 207–211.
- [9] FRONĚK, D. 200 let řepného cukrovarnictví v České republice. Listy cukrovarnické a řepařské, 2010 126 (11), pp. 358–359.
- [10] Hydroekologický informační systém (HEIS VÚV) / Mapa Vodní hospodářství a ochrana vod [on-line]. [vid. 12. leden 2023]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\_heis\_voda/>
- [11] ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. New method of landscape typology in the Czech Republic. Landscape Classification – Theory and Practice, The Problems of Landscape. Ecology 20, 2018, pp. 315–320.
- [12] Národní geoportál INSPIRE/WMS služby [on-line]. [vid. 5. únor 2023]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/wms>
- [13] Arcanum Maps – The Historical Map Portal [on-line]. [vid. 11. únor 2023]. Dostupné z: <https://maps.arcanum.com/en/>
- [14] Archivní mapy Ústředního archivu zeměměřictví a katastru [on-line]. [vid. 13. únor 2023]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/archiv/>
- [15] Geoportál ČÚZK/ Prohlížeč služby – WMS [on-line]. [vid. 12. březen 2023]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz/(S(lcsguqwsq1my1rvbg3qy5suw))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head\_tab=sekce-03-gp&menu=311>
- [16] BENC, S., LAPÁR, M. Cukrová repa. Rostlinná výroba – svazek 85. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava, 1960, 487 s.
- [17] SKALOŠ, J., NOVOTNÝ, M., WOITSCH, J. et al. What are the transitions of woodlands at the landscape level? Change trajectories of forest, non-forest and reclamation woody vegetation elements in a mining landscape in North-western Czech Republic. Applied Geography 58 (2015), pp. 206–216.



[18] *Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR* [on-line]. [vid. 19. březen 2023].  
Dostupné z: <<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/HistorickeRybniky/default.asp>>

## Autor

✉ **Ing. Pavel Richter, Ph.D.**  
pavel.richter@vuv.cz  
ORCID: 0000-0001-6338-3481

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.005

## DEVELOPMENT OF THE PONDS LOCATION IN THE POLABÍ LOWLAND SINCE THE MID-19TH CENTURY – PART 1 – PARDUBICE REGION

**RICHTER, P.**

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

**Key words:** ponds — archival maps — landscape changes — water retention in the landscape — GIS

The focus of this paper is work to map the development of lowland landscape over last 180 years, related to pressures to use lowland areas for economic purposes including transformation of the wetland habitats, specifically ponds into arable land. The Polabí lowland was chosen as the study area because it is currently affected by a lack of water and there is an occurrence of seasonal drying up of small watercourses. This issue will probably be of greater significance in the future particularly in the context of the expected continued extreme climatic phenomena. Within the Polabí lowland, the results from the Pardubice region, where the biggest change in the ponds location, are presented here. The area of all types of ponds (according to their stability) makes up 6.83 % of the study area. According to their occurrence in the territory since 2nd military mapping (1836–1852) to 2022, the ponds were divided into disappeared, continuous and new. Disappeared ponds have the largest representation, approximately two-thirds of the total ponds area according to stability. They are followed by continuous ponds and the smallest area is represented by new ponds. The historical, or more precisely, disappeared ponds were more robust than the present ones, i.e. they had a larger average size. Analyses show that almost half of the disappeared ponds area have been replaced by arable land.







# Optimalizační síťový model vodohospodářských soustav a vodárenských systémů

PETR VYSKOČ, JIŘÍ PICEK

**Klíčová slova:** vodní zdroje — zásobování vodou — vodohospodářská soustava — software

## ABSTRAKT

Článek popisuje programové vybavení zaměřené na analýzu vodohospodářské infrastruktury a určení kritických míst pro zajištění dodávky vody a posouzení možných opatření zaměřených na optimalizaci zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Výpočetní postupy integrují vyhodnocení hydrologických charakteristik území, parametrů vodohospodářských a vodárenských soustav a požadavků na zásobování vodou. Řešení využívá teorie grafů a optimalizace toku v síti (aplikován je algoritmus out-of-kilter). Program je realizován formou aplikace pro PC a vybaven uživatelským rozhraním.

## ÚVOD

V České republice se, podobně jako jinde ve světě, stále častěji setkáváme s lokálním i regionálním nedostatkem vody. Důvodem jsou jak měnící se nároky (obyvatelstva, průmyslu, energetiky, zemědělství atd.) na zásobování vodou, tak zejména změny dostupnosti vodních zdrojů, způsobené především změnou klimatických podmínek. Možné budoucí negativní dopady sucha lze zmírnit či eliminovat řadou preventivních opatření. Zvažovaná opatření se dosud orientují převážně na zvyšování kapacity vodních zdrojů jako takových, možnosti optimalizace využití těchto zdrojů se však věnuje výrazně menší pozornost. Mezi tato opatření patří rovněž optimalizace zásobní funkce vodohospodářských a vodárenských soustav (VS), včetně jejich propojování či úprav jejich technických parametrů.

Rizika dopadů klimatické změny na vodní zdroje a jejich užívání byla zejména v posledních cca 15 letech předmětem řady výzkumných projektů a studií, na nichž se významnou měrou podílel rovněž Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV TGM). Tyto studie byly zaměřeny především na vyhodnocení možných budoucích rizik při zajištění nároků na zásobování vodou a jako nástroje využívaly převážně metody modelování hydrologické a vodohospodářské bilance, včetně simulačních modelů zásobní funkce vodohospodářských soustav. Potřeba zaměřit se v rizikových lokalitách rovněž na posouzení možných zmírňujících opatření zaměřených na zefektivnění hospodaření s vodními zdroji v tomto kontextu vedla k potřebě doplnění těchto již existujících a využívaných nástrojů o další nástroj zaměřený na optimalizaci parametrů VS a distribuce vody z vodních zdrojů, zejména vodních nádrží, do spotřebišť. Při tvorbě tohoto nástroje bylo využito významné metodické zázemí vytvořené ve VÚV TGM (Václav Zeman, Břetislav Lank a kol.) na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století, kdy byl navržen a realizován Systém modelů pro navrhování vodohospodářských soustav [1]. Součástí těchto modelů byl i Síťový model vodohospodářské soustavy [2]. Na počátku devadesátých let byl tento model experimentálně ověřován na

pilotním povodí. Tehdejší stav vývoje informačních technologií nicméně jeho aplikaci výrazně omezoval. Podle principů řešení tohoto modelu bylo proto v rámci projektu „Vodohospodářské a vodárenské soustavy a preventivní opatření ke snížení rizik při zásobování pitnou vodou“ (číslo projektu VI20192022159), financovaného Ministerstvem vnitra v rámci Bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2019–2022, vyvinuto programové vybavení „Optimalizační síťový model vodohospodářských soustav a vodárenských systémů“ (systémové označení VSTOOLS.OPTIM). Software je určen k analýze vodohospodářské infrastruktury a určení kritických míst pro zajištění dodávky vody a posouzení možných opatření k optimalizaci zásobní funkce. Aplikace tak funkčně doplňuje stávající nástroje pro řešení dopadů klimatické změny na vodohospodářské soustavy a zásobování vodou o optimalizační prvek.

## METODIKA

Realizace programového vybavení optimalizačního síťového modelu je založena na koncepci tzv. „Síťového modelu vodohospodářské soustavy“ definované a podrobně popsané v [2]. Tato koncepce vychází ze systémového pojetí (systém jako množina prvků, které mezi sebou mají určité vzájemné vztahy), z teorie grafů (uzly grafu představují prvky systému a hrany grafu vazby mezi prvky) a metod optimalizace toku sítí. Vodohospodářská soustava je v tomto smyslu tedy uvažována jako množina prvků, jež mají mezi sebou navzájem určité vztahy vytvářející účelový celek.

Systém vodohospodářské soustavy (VS) lze podle [2] popsat takto:

$$VS = [P, k, m, u, t, A, g, d, h, c]$$

|     |                                                                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| kde |                                                                                                                   |
| P   | je množina prvků VS                                                                                               |
| k   | funkce, jež každému prvku p množiny P přiřazuje celé číslo k(p), které je identifikátorem časového období         |
| m   | funkce, která každému prvku p množiny P přiřazuje celé číslo m(p), které je identifikátorem subsystému oběhu vody |
| u   | funkce, jež každému prvku p množiny P přiřazuje celé číslo u(p), které je identifikátorem polohy profilů VS       |
| t   | funkce, jež každému prvku p množiny P přiřazuje celé číslo t(p), které je identifikátorem typu prvku VS           |
| A   | množina aktivit prvků VS                                                                                          |
| g   | zobrazení množiny A do množiny P2, přičemž P2 je množina všech uspořádaných dvojic prvků patřících do P           |

- d funkce, která každé aktivitě a množiny A přiřazuje kladné reálné číslo  $d(a)$  nazývané dolní mez kapacity aktivity (hrany grafu)
- h funkce, jež každé aktivitě a množiny A přiřazuje kladné reálné číslo  $h(a)$  nazývané horní mez kapacity aktivity (hrany grafu)
- c funkce, která každé aktivitě z množiny A přiřazuje reálné číslo  $c(a)$  nazývané cena aktivity (toků hranou grafu)

Pro aktivity představující vstupní proměnné funkce systému platí  $d(a) = h(a)$ , pro aktivity představující výstupní proměnné funkce systému platí  $d(a) < h(a)$ .

Pokud vstupní a výstupní aktivity jsou určeny tak, že k určité volbě vstupních aktivit existuje více než jedno řešení výstupních aktivit, je k úplné identifikaci funkce možno např. stanovit způsob výběru hodnot výstupních aktivit zadáním účelové funkce. Ke každé aktivitě je přiřazeno její „cenové“ ohodnocení  $c(a)$ .

Způsob výběru řešení je takový, že požadujeme, aby

$$\sum c(a).x(a) = \min$$

kde

$c(a)$  je „cenové“ ohodnocení aktivity a

$x(a)$  hodnota toku aktivitou a

Na takto definovaném modelu VS jsou vyhodnoceny optimální hodnoty „aktivit“, resp. oběhu vody. Pro určení optimálního toku sítě model využívá algoritmus out-of-kilter [3].

Model vodohospodářské soustavy vychází z dekompozice systému z hlediska:

- oběhu vody na subsystémy prostředí povrchové vody, podzemní vody a užívání vody a dále typy prvků (např. vodní nádrže), které určují, jaké „aktivity“ tyto prvky vykazují (např. akumulace vody ve vodní nádrži),
- prostoru (prvky VS a průtokové vztahy mezi nimi),
- času (přenos zásob vody z jednoho období do druhého prostřednictvím akumulace vody ve vodních nádržích).

Mezi subsystémy VS a jejich prvky strukturální model rozeznává následující aktivity:

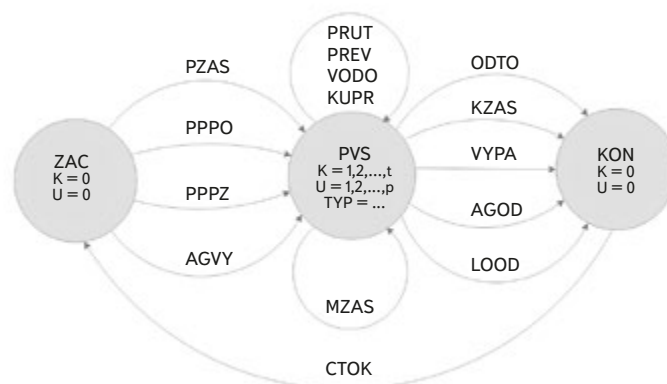
- PZAS počáteční zásoby vody v nádržích
- PPPO přirozené přítoky z mezipovodí
- AGVY agregovaná vypouštění vody (součet vypouštění v mezipovodí)
- PPPZ vydatnost zdroje podzemní vody
- KZAS konečné zásoby vody v nádržích
- LOOD spotřeba vody
- AGOD agregované odběry vody
- VYPA výpary vody
- ODTO odtoky z posledního profilu VS
- OPPZ pro odběr nevyužitá vydatnost zdroje podzemní vody
- PRUT průtok ve vodním toku mezi profily VS
- PREV převod vody mezi profily VS
- VODO vodovod (dopravní cesta v subsystému užívání vody)
- KUPR kapacita úpravy vody
- MZAS mezidobé zásoby vody v nádržích
- CTOK celkový tok vody sítě

Typy prvků VS určují, jakou aktivitu prvek ve struktuře oběhu vody vykazuje. Uvažovány jsou typy:

- NAD vodní nádrž
- POV odběr povrchové vody
- POD odběr podzemní vody
- VYP vypouštění do povrchové vody

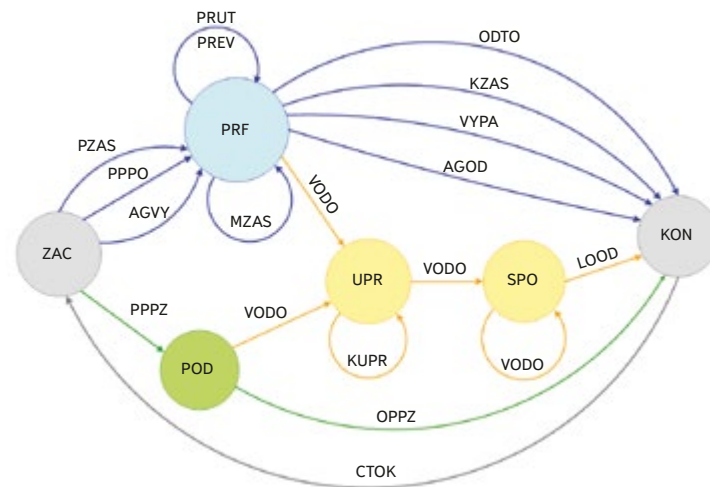
- BPF bilanční (kontrolní) profil na říční síti
- SPO spotřebiště
- UPR úprava vody
- UZL uzel dopravní cesty (v subsystému užívání vody)

Aktivity prvků VS jsou ilustrovány na obr. 1. ZAC zde představuje počátek systému, PVS prvky VS a KON konec systému. Podrobněji jsou prvky systému znázorněny na obr. 2. PRF tu zastupuje profily na říční síti (vodní nádrže, místa odběrů a vypouštění vody a bilanční profily), POD místa odběru podzemní vody, UPR úpravy vody a SPO spotřebiště. (Prvky a aktivity subsystému povrchové vody jsou zobrazeny modře, subsystému podzemní vody zeleně a subsystému užívání vody žlutě, systémové prvky jsou zobrazeny šedou barvou.)



Obr. 1. Model vodohospodářské soustavy: prvek soustavy a jeho aktivity

Fig. 1. Water management system model: element of the system and its activities



Obr. 2. Model vodohospodářské soustavy: prvky subsystémů povrchové vody, podzemní vody a užívání vody a jejich aktivity

Fig. 2. Water management system model: Elements of the surface water, groundwater and water use subsystems and their activities

Při aplikaci modelu lze zavést následující úpravy:

- Agregace odběrů a vypouštění: Protože konkrétních prvků, zejména odběrů a vypouštění vod, je velké množství a z praktických důvodů není účelné je všechny definovat jako prvky VS, vybírají se jen rozhodující objekty a profily, které reprezentují VS při její funkci. Vliv ostatních prvků je k těmto objektům a profilům souhrnně agregován.



- Stupňování aktivit: Výše uvedené aktivity prvků soustavy je možné pro potřebu požadovaného určení účelové funkce „stupňovat“, tj. rozdělit aktivitu prvku do více hran grafu s rozdílným cenovým ohodnocením. To je typicky účelné např. u aktivity MZAS, kterou lze rozdělit podle objemů nádrží vymezených dispečerskými grafy, u aktivity LOOD v případě, kdy je požadováno rozložení případného deficitu v dodávce vody v čase, nebo u aktivity PRUT pro potřebu zajištění minimálních průtoků.
- Kapacita úpravy vody: Jelikož kapacitu průtoku lze v modelu přiřazovat jen hranám grafu (nikoli uzlům), je nutné úpravu vody reprezentovat dvěma uzly a kapacitu úpravy přiřadit hraně mezi těmito uzly.

Aplikace modelu vyžaduje následující vstupní data (v rozsahu daném řešenou VS):

- Popis sítě vodních toků.
- Identifikace a lokalizace relevantních prvků (profilů, objektů), včetně polohy profilů na síti vodních toků.
- Identifikace převodů vody a dopravních cest (vodovodů), určení počátečního a koncového objektu/profilu.
- Časové řady přirozených průtoků v profilech VS.
- Požadavky na zachování minimálních průtoků.
- Požadavky na odběry vody.
- Údaje o vypouštění vod.
- Technické parametry objektů – objemy zásobního prostoru vodních nádrží, kapacity převodů vody a dopravních cest (vodovodů), kapacity úpraven vody.
- Priority plnění požadavků na užívání vody – odběry vody, zachování minimálních průtoků, zachování objemu vody v nádržích.

Aplikace modelu probíhá v následujících krocích a příslušných algoritmech:

1. Naplnění vstupních dat modelu (viz výše).
2. Transformace objektů VS a vazeb mezi nimi do podoby orientovaného grafu ve formě výše popsaného strukturálního modelu.
3. Naplnění dolních a horních mezí kapacit hran grafu, reprezentujících jednotlivé výše popsané aktivity (viz vstupní a výstupní proměnné funkce systému výše).
4. Určení účelové funkce prostřednictvím „ocenění“ hran grafu. Ocenění vychází ze zadaných priorit naplnění jednotlivých požadavků na užívání vody.
5. Výpočet optimálního toku sítě pomocí algoritmu out-of-kilter.

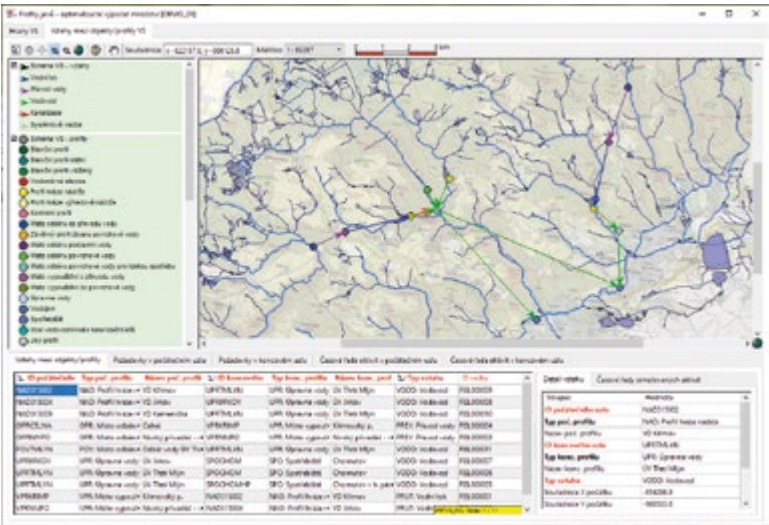
PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Programové vybavení optimalizačního síťového modelu (VSTOOLS.OPTIM) je koncipováno jako aplikace pro spuštění na lokálním počítači uživatele. Podmínkou pro provoz aplikace je aktuální verze operačního systému Microsoft Windows s nainstalovanou aktuální verzí platformy Microsoft NET Framework. Hardwarové požadavky jsou dány pouze požadavky operačního systému a platformy Microsoft NET Framework, nicméně kvalita hardwarového vybavení podmiňuje (v přímé závislosti na rozsahu zpracovávaných dat) rychlost aplikací prováděných výpočtů. Software byl realizován s využitím vývojového prostředí Microsoft Visual Studio v programovacím jazyce Visual Basic. Z hlediska vývoje a realizace softwarových aplikací jde o prověřený komplexní nástroj standardně využívaný pro vývoj jednoduchých i velmi složitých (komplexních) aplikací.

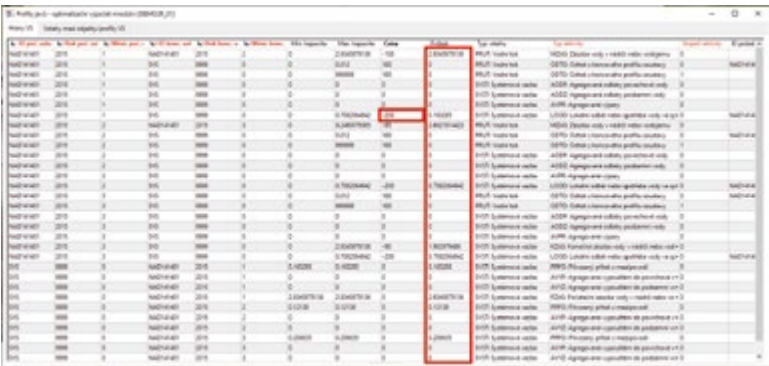
Struktura aplikace je tvořena jednotlivými spolupracujícími programovými moduly, které dohromady tvoří tzv. „sestavení“. Z hlediska funkce jde zejména

o administrační prostředí aplikace, výpočetní moduly, editor a prohlížeč dat a konfigurační soubory aplikace a uživatelského nastavení. Součástí aplikace je účelová geodatabáze dat organizovaná na principu relačních databází. Datové sady (vstupní data pro výpočty a výsledky výpočtů) jsou ukládány ve formátu strukturovaných textových souborů (txt, oddělovač středník, hlavička v prvním řádku souboru). Referenční datové sady (zejména vektorové mapové vrstvy) jsou ukládány ve formátech shapefile Esri (shp) a ve formátu mif/mid MapInfo, podkladová referenční rastrová data pak ve formátu hrr. Použití uvedených datových formátů bylo zvoleno s cílem maximálně zjednodušit manipulaci s daty i mimo prostředky realizovaného softwaru tak, aby uživatel mohl k datům přistupovat i z jím běžně používaných aplikací (nástrojů).

Aplikace umožňuje provádění dále uvedených výpočtů a vyhodnocení dat v grafickém uživatelském prostředí (GUI). Kromě samotných výpočetních funkcí aplikace nabízí též nástroje pro organizaci výpočtu, administraci vstupních dat a zobrazení a prezentaci výsledků výpočtů a vyhodnocení, a to zejména formou tabulek, map a grafů. Ukázky uživatelského rozhraní jsou uvedeny na obr. 3 a 4.



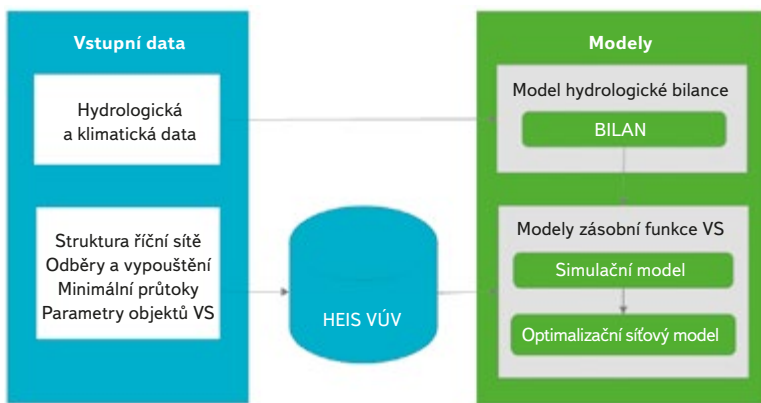
Obr. 3. Uživatelské rozhraní: vstupní data modelu  
Fig. 3. User interface: model input data



Obr. 4. Uživatelské rozhraní: výstupní data modelu  
Fig. 4. User interface: model output data

Aplikace vznikla jako součást skupiny nástrojů „VSTOOLS“. Jde o postupně vyvíjený, aktualizovaný a rozšiřovaný modulární systém nástrojů pro provádění různých druhů analýz, výpočtů a modelování vodohospodářských jevů. Programové vybavení optimalizačního modelu je koncipováno tak, aby prostřednictvím vhodného datového rozhraní umožňovalo komunikaci s datovou

základnou a dalšími programy využívanými ve VÚV TGM při řešení zásobní funkce vodohospodářských soustav a vodohospodářských bilancí. Jedná se především o Simulační model zásobní funkce vodohospodářských soustav [4] a model hydrologické bilance BILAN [5]. Pomocí tohoto modelu jsou metodou chronologické hydrologické bilance modelovány časové řady průtoků, které vstupují jak do simulačního, tak optimalizačního síťového modelu zásobní funkce VS. Vztahy mezi datovou základnou a modely jsou zjednodušeně ilustrovány na obr. 5. Jako datovou základnu lze využívat zejména relevantní evidence ISVS-VODA [6], především pak evidenci odběrů, vypouštění a akumulace vod vedenou podle [7] pro potřeby sestavení vodní bilance. Pro popis struktury říční sítě je účelné využívat Strukturální model vodních toků (tj. popis říční sítě v členění na úseky toků) vedený jako součást Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) [8]. Jako nástroj pro integraci vstupních dat (tj. naplnění vazeb mezi jednotlivými evidencemi) je ve VÚV TGM využívána databáze Hydroekologického informačního systému (HEIS VÚV) [9].



Obr. 5. Nástroje pro řešení problematiky zásobní funkce vodohospodářských soustav  
Fig. 5. Tools for dealing with the problem of the storage function of water management systems

## ZÁVĚR

Výše popsáný optimalizační síťový model VS je dostatečně obecný a lze jej aplikovat při posouzení zásobní funkce libovolné VS. Využití teorie grafů („síťový“ model) a algoritmu pro nalezení optimálního toku sítí umožňuje posuzovat jako celek složitější struktury vodohospodářských a vodárenských soustav z hlediska optimalizace plnění jejich zásobní funkce. Do modelu lze začlenit objekty subsystémů povrchové vody, podzemní vody i užívání vody, a posoudit tak zajištění distribuce vody z vodních zdrojů až po její spotřebu v obcích. Příslušné programové vybavení bylo vyvinuto a jeho funkčnost ověřena v rámci projektu Bezpečnostního výzkumu ČR. Využití modelu se předpokládá zejména při řešení projektu Technologické agentury ČR „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“ („Centrum Voda“), případně v dalších projektech a studiích zaměřených na problematiku sucha a nedostatku vody a posouzení možných zmírňujících opatření.

## Poděkování

Článek vznikl na základě výzkumu prováděného v rámci projektu VI20192022159 „Vodohospodářské a vodárenské a soustavy a preventivní opatření ke snížení rizik při zásobování pitnou vodou“ programu BV III/1-VS, který financovalo Ministerstvo vnitra ČR.

## Literatura

- [1] ZEMAN, V., LANK, B., BEČVÁŘ, V., MACHÁČEK, L., PROCHÁZKA, M. a kol. *Metody navrhování vodohospodářských soustav*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, v. v. i., 1985.
- [2] LANK, B. *Síťový model vodohospodářské soustavy*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, v. v. i., 1986.
- [3] DEMEL, J. *Grafy a jejich aplikace*. Academia 2022, s. 154–160. Dostupné též elektronicky pod licencí Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0: <https://kix.fsv.cvut.cz/~demel/grafy>
- [4] PICEK, J., VYSKOČ, P., ZEMAN, V. *Simulační model množství povrchových vod: zásobní funkce vodohospodářské soustavy*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, v. v. i., 2008.
- [5] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Recent developments of the BILAN model. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, 57(4–5), 7–10.
- [6] Vyhláška č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy.
- [7] Vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.
- [8] <https://www.dibavod.cz/>
- [9] <https://heis.vuv.cz/>

## Autoři

**Ing. Petr Vyskoč**

✉ [petr.vyskoc@vuv.cz](mailto:petr.vyskoc@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-5006-5414

**Ing. Jiří Pícek**

✉ [jiri.picek@vuv.cz](mailto:jiri.picek@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-6978-6801

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.003

## OPTIMIZATION NETWORK MODEL OF WATER MANAGEMENT SYSTEMS

**VYSKOČ, P.; PICEK, J.**

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

**Keywords:** water resources — water supply — water management system — software

The paper describes software aimed at analysing water management infrastructure and identifying critical points for water supply and assessing possible measures aimed at optimising the water supply function of the water management system. The computational procedures integrate the evaluation of the hydrological characteristics of the area, the parameters of the water management and water supply systems and the water supply requirements. The solution uses graph theory and network flow optimization (out-of-kilter algorithm is applied). The program is implemented as a PC application and equipped with a user interface.





# Autoři VTEI

## Mgr. et Mgr. Eva Horváthová, Ph.D.

CzechGlobe – Ústav výzkumu globální změny  
AV ČR, v. v. i.; Mendelova univerzita, Brno

✉ horvathova.e@czechglobe.cz  
www.czechglobe.cz



Mgr. et Mgr. Eva Horváthová, Ph.D., působí od roku 2019 jako výzkumný pracovník na oddělení Společenského rozměru globální změny CzechGlobe. Zároveň od roku 2021 pracuje jako vědecko-výzkumný pracovník v Ústavu financí Mendelovy univerzity v Brně. V roce 2002 ukončila magisterské studium ochrany životního prostředí na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a v roce 2004 magisterské studium ekonomie na Fakultě sociálních věd Univerzity Karlovy. V roce 2016 absolvovala doktorský studijní obor Environmentální studia na Fakultě humanitních studií Univerzity Karlovy. Profesně se zabývá ekonomickým hodnocením netržních statků se zaměřením zejména na nákladové metody oceňování. Dále se věnuje aplikaci ocenění ekosystémových služeb do analýz nákladů a výnosů a ekosystémového účetnictví. Jako hlavní řešitel nebo člen řešitelského týmu se podílí či podílela na řešení několika českých i zahraničních výzkumných projektů. Rovněž vyučovala ekonomii životního prostředí na Národohospodářské fakultě Vysoké školy ekonomické v Praze.

## Mgr. Libor Mikl, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav, Praha

✉ libor.mikl@chmi.cz  
www.chmi.cz



Mgr. Libor Mikl, Ph.D., vystudoval Přírodovědeckou fakultu univerzity palackého v Olomouci – obor hydrobiologie. Doktorské studium ve stejném oboru absolvoval na Přírodovědecké fakultě Masarykově univerzitě v Brně, kde se věnoval invazním druhům ryb a jejich roli v potravním řetězci. V letech 2012–2018 působil na Akademii věd v Ústavu biologie obratlovců v Brně, kde se zabýval společenstvem makrozoobentosu, potravními analýzami ryb, biomanipulacemi na vodárenských nádržích a nepůvodními druhy. Od roku 2018 působí v Českém hydrometeorologickém ústavu a podílí se zde na monitoringu a vyhodnocení cizorodých látek v sedimentech, plaveninách a juvenilních rybách.

## RNDr. Hana Prchalová

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ hana.prchalova@vuv.cz  
www.vuv.cz



RNDr. Hana Prchalová pracuje ve VÚV TGM, v. v. i., již 30 let. Vzděláním je hydrogeolog (Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze), většinu své profesní dráhy řeší ochranu podzemních vod. Od roku 1999 se zaměřila na implementaci evropských směrnic o vodě v ČR. Od roku 2002 se věnuje hlavně Rámcové směrnici o vodách a zpracování plánů povodí, postupně rozšířila svoje aktivity i na povrchové vody a problematiku emisí ve vodě. Jako členka několika mezinárodních skupin expertů se aktivně účastní vyjednávání a mezinárodní spolupráce, posledních devět let pracuje také v European Topic Centre on Inland, Coastal and Marine waters pro European Environmental Agency.

## Ing. Pavel Richter, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ pavel.richter@vuv.cz  
www.vuv.cz



Ing. Pavel Richter, Ph.D., je zaměstnancem Odboru ochrany vod a informatiky ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2007. V roce 2008 dokončil v magisterském studijním programu Krajinne inženýrství studijní obor Regionální environmentální správa na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V roce 2015 pak tamtéž úspěšně ukončil v doktorském studijním programu Environmentální vědy studijní obor Aplikovaná a krajinná ekologie. Je členem České limnologické společnosti a České společnosti pro krajinnou ekologii, což je regionální organizace International Association of Landscape Ecology (IALE) pro Českou republiku. V rámci výzkumných projektů se zaměřuje na problematiku monitoringu stavu povrchových vod, zadržování vody v krajině a na vývoj krajiny na základě interpretace archivních mapových podkladů, zejména na krajinné změny v oblasti mokřadů, vodních ploch a vodních toků včetně jejich niv. V rámci provozu Hydroekologického informačního systému se zabývá především evidencemi ISVS-VODA a evidencemi správního členění, chráněných území, vodních toků, vodních ploch a hydrologických povodí.

## Ing. Petr Vyskoč

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ petr.vyskoc@vuv.cz  
www.vuv.cz



Ing. Petr Vyskoč je zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., od roku 1989. V roce 1987 ukončil inženýrské studium na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze, obor Vodní hospodářství a vodní stavby. Dlouhodobě se zabývá problematikou informatiky ve vodním hospodářství, a to zejména v souvislosti s provozem a vývojem Hydroekologického informačního systému, plánováním v oblasti vod, vodohospodářskou bilancí a řešením vodohospodářských soustav.

# Rozhovor s ministrem životního prostředí Mgr. Petrem Hladíkem

Ministr životního prostředí chce dát lidem příležitost žít v souladu s přírodou, a tím nemyslí jen vysazení stromků do ulic měst. Proč Petr Hladík nazývá Ministerstvo životního prostředí ministerstvem budoucnosti? Využívání srážkové vody, solární panely nebo zálohované PET láhve už nemusejí být přehnaně progresivním přístupem, ale standardem, jak naší planetě vracet alespoň minimum z toho, co si od ní bereme. Dotace na šedou vodu? Proč bychom to měli chtít a čemu tím vlastně prospějeme? Pro časopis VTEI odpovídá nový ministr životního prostředí Petr Hladík (KDU-ČSL).

## Pane Hladíku, co považujete za svou největší výzvu v pozici ministra životního prostředí?

Tento rok nás čeká opravdu hodně výzev, nelze vybrat jenom jednu. Budeme například pokračovat v Nové zelené úsporám Light, která je určena pro domácnosti s menšími příjmy. Jde o dotaci na zateplení oken, fasády, stropu a dalších částí domu. Žadatel může od státu získat až stoprocentní dotaci, a to do výše 150 tisíc korun. Další velkou výzvou je i krizová novela vodního zákona, jež reaguje na nedostatky z praxe a dává je do pořádku. Nejznámějším případem, který na nedostatky poukázal, byla havárie na řece Bečvě. Věnovat se chceme také zálohování, to bychom chtěli představit na jaře. Nejbližší možný termín, kdy by bylo v Česku možné zálohovat plechovky a PET láhve, je rok 2025. Nejlepší odpad je totiž ten, který nevznikne. Pokud už však vznikne, je důležité ho znovu použít ve výrobě nebo jako zdroj elektřiny či tepla. Podpora cirkulární ekonomiky je klíčová pro nastavení udržitelného rozvoje České republiky. Chci, aby se Ministerstvo životního prostředí stalo silným a sebevědomým resortem, který dá lidem příležitost žít zdravěji a ve větším souladu s přírodou.

## Zmiňujete krizovou novelu vodního zákona, co bude obsahovat?

Novela má mimo jiné zajistit, abychom dokázali co nejlépe předejít podobným událostem, jako byla v roce 2020 havárie na řece Bečvě. Chceme zavést on-line monitoring odpadní vody vypouštěné z průmyslových provozů do řek u výpustí významných znečišťovatelů, kdy jimi vypouštěné odpadní vody mohou znamenat značné riziko z hlediska havárie na vodních tocích. To jsme vepsali i do aktualizovaného programového prohlášení vlády. Novela mimo jiné upřesňuje role subjektů zapojených do zmáhání havárie a zvyšuje sankce za nedovolené vypouštění odpadních vod s nebezpečnými látkami. Schválení novely očekáváme ještě letos. V rámci novely jsme také spustili pilotní projekt monitoringu výpustí na vybraném úseku Labe – jde o cca 30 kilometrů mezi Brandýsem nad Labem a Mělníkem –, který probíhá právě díky Výzkumnému ústavu vodohospodářskému. Úlohu této instituce vnímám jako velmi podstatnou. Data, která nám přináší, mohou být prospěšná nejen vodohospodářům a ministerstvu, ale potřebujeme je i kvůli měnícímu se klimatu. Ústav například dokáže zajistit terénní výzkumné práce. Vybavením pro odběry a vyhodnocením

vzorků vody zvládne měřit znečištění toků. Dlouhodobě se zabývá hodnocením stavu vodních útvarů a disponuje potřebnou technickou a odbornou kapacitou pro tyto vybrané oblasti vodního hospodářství.

## S problematikou životního prostředí je úzce spjata i otázka energetiky. Jaký je váš pohled na tento vztah, respektive jaké kroky plánujete pro podporu využití obnovitelných zdrojů energie?

Už jsem to trochu nastínil na začátku rozhovoru. Je důležité, aby politika v oblasti energetiky byla přijímána s ohledem na jejich dopad na životní prostředí a byla v souladu s cíli udržitelného rozvoje. Řešení vidím v kombinaci jádra a obnovitelných zdrojů energie s cílem snížit závislost na fosilních palivech. Proto se jako vláda snažíme maximálně podporovat instalaci fotovoltaik. Do dvou let chceme mít celkem 200 tisíc panelů na střechách, což je dvojnásobek oproti původnímu programovému prohlášení. Věřím, že to bez problému dokážeme. Jen za loňský rok si o dotaci na solární elektrárnu požádalo přes 55 tisíc domácností za více než 10 miliard korun, což je čtyřikrát více než v roce 2021. Přijaté žádosti představují celkový instalovaný výkon 380 MWp, průměrný výkon na jednu instalaci na rodinném domě se pak pohybuje kolem 7,5 kWp. Díky němu může domácnost ušetřit přes 30 tisíc korun ročně a zároveň až 70 procent elektřiny pokrýt z vlastních zdrojů. Ruku v ruce s tím ale musí jít také rozvoj komunitní energetiky.

## V komunitní energetice Česká republika zaspala, v ostatních státech jsou mnohem dále. Kdy se jí dočkáme my?

První posun energetického zákona už nastal. Takzvaný LEX OZE I už vyšel ve sbírce zákonů. Teď se projednává druhá novela, která se týká právě komunitní energetiky. Předpokládám, že dojde k vypořádání připomínek a postupnému procesu směrem k vládě a parlamentu. Následovat bude třetí legislativní změna, která by měla do Česka přinést ukládání energií, flexibilitu a agregaci. Toto vše dohromady přinese do české energetiky naprosto zásadní revoluci, i proto jsme je zmínili v revidovaném programovém prohlášení. Jako Ministerstvo životního prostředí vznik komunitní energie podporujeme, to asi nikoho nepřekvapí. Máme tu velké množství starostů a místostarostů, kteří chtějí, aby se jejich města a obce staly komunitními, aby si mohly vzájemně vyrábět, sdílet a ukládat energii. Jako ministerstvo k tomu máme dotační tituly, takže teď už nám chybí opravdu jen ta legislativa.

## A teď konkrétně k oblasti vodního hospodářství. Jaký je váš názor na současné způsoby hospodaření s vodou a jaké změny byste chtěl prosadit?

Je evidentní, že současný způsob hospodaření s vodou je zaměřen na ochranu vodních zdrojů, zajištění dodávky kvalitní pitné vody, na podporu





obnovy říčních koryt a přirozených mokřadů. To vše se neobejde bez opatření eliminujících riziko znečištění nebezpečnými látkami, bez minimalizace příčin vzniku havárií, zejména pak pro území chráněná nejen z pohledu zdroje pitné vody, ale i z pohledu ochrany na vodu vázaných ekosystémů.

Přestože problematika vodárenství spadá též do působnosti resortu zemědělství, chtěl bych spolu s ministrem Zdeňkem Nekulou, jenž je zároveň mým stranickým kolegou, zlepšit hospodaření s vodou a ochranu vodních zdrojů. V tom vidím prioritu naší meziresortní spolupráce, a to například v oblasti zvyšování efektivity hospodaření s vodou.

**Když jsme u efektivního hospodaření s vodou, na zachytávání dešťové vody a její znovuvyužití se rovněž zaměřujete i v již zmiňovaném dotačním programu Nová zelená úsporám. Jak konkrétně?**

Ano, máte pravdu. Nabízíme lidem dotaci na zachytávání a využití dešťové a odpadní vody. Zachycenou vodu lze využít na zalévání zahrady nebo jako užitkovou vodu. Přínosem je úspora výdajů a spotřeby pitné vody. Dotace se může pohybovat v rozmezí od 27 do 105 tisíc korun. K akumulaci dešťové vody lze použít novou nádrž, ideálně umístěnou pod zemí, nebo vyčištěnou podzemní jímku či speciálně upravenou studnu. V případě odpadní vody se dotace vztahuje například na využití šedé vody – to je ta z umyvadel, van, sprch a dřezů.

**Budete se aktivně zapojovat do spolupráce se sousedními státy ohledně ochrany společných vodních zdrojů?**

Jak už někdo přede mnou řekl, voda nezná hranice a přirozeně je překračuje. Spolupráce se sousedními státy je tudíž pro udržitelné a efektivní řešení vodohospodářských problémů klíčová. Jedním z důležitých nástrojů pro spolupráci je Evropská unie a její politika v oblasti vodního hospodářství. S členskými zeměmi můžeme sdílet zkušenosti i informace. Je třeba si udržet fungující vztahy hlavně s našimi sousedy, s nimiž je mnohdy třeba řešit konkrétní problémy. Zároveň budu dál podporovat aktivity na úrovni organizací, jakou je například Mezinárodní komise pro ochranu Labe.

**Dalším velkým tématem je sucho. Jaké jsou vaše priority k řešení sucha a nedostatku vody? Prostřednictvím jakých adaptačních opatření ve vodním hospodářství se může Česká republika nejlépe připravit na očekávané změny klimatu?**

Suchu a nedostatku vody lze čelit celou řadou opatření. Většinou jde o soubor komplexních opatření, které se vzájemně doplňují. Jednoznačnou prioritou je zadržení vody v krajině a obnova přirozeného vodního režimu. Opomenout však nesmíme ani ochranu zdrojů vody, jež považuji za nezbytnou pro udržení dostupnosti vody pro domácnosti, zemědělství, průmysl, energetiku a další. V programovém prohlášení vlády jsme se navíc zavázali k ústavní ochraně vody.

Úprava stávajících zákonů a přijetí efektivnějších legislativních nástrojů na ochranu vody a zemědělské půdy nám pomůže v boji proti suchu a jeho dopadům. Ochrana a zlepšení krajinného rázu v podobě obnovy mokřadů, lesů, tůň, malých vodních nádrží a niv, péče o cenné biotopy, výsadby zeleně, zlepšení prostorové a druhové skladby lesů či revitalizace vodních toků pomohou minimalizovat dopady sucha a zlepšit kvalitu vody. Nejen na podporu zadržování vody v krajině běží také několik dotačních programů. Například podpora budování nových zdrojů pitné vody, vodovodů, propojování vodárenských soustav, systémů vsakování a využití dešťových vod, technologií úpravy pitné vody, kanalizací a systémů čištění odpadních vod. Podpora priorit probíhá prostřednictvím programu Národního plánu obnovy či z Operačního programu Životní prostředí (OPŽP). Doposud byla vyčerpána zhruba jedna miliarda korun. V OPŽP máme ale celkem připraveno na výstavbu kanalizací a čištění odpadních vod více než 14 miliard korun. Dalších celkem 10 miliard míří na využívání srážkové

vody, na vytváření tůň a malých vodních nádrží, na zelené střechy, ale i podporu šetrného hospodaření na zemědělské půdě a protipovodňová opatření.

**Často o ministerstvu hovoříte jako o ministerstvu budoucnosti. Jak má budoucnost podle nového ministra životního prostředí vypadat?**

Chci, aby ministerstvo prostřednictvím dotací zcela změnilo českou energetiku. Aby odchod od uhlí nebyl strašákem, nýbrž využitou příležitostí. Abychom se už neptali, jestli náhodou nejsme moc progresivističtí, ale aby byl tento přístup standardem. Nesmíme zapomínat na to, že země nám byla svěřena do péče a jinou nemáme. Budu usilovat o to, abychom ji jednou mohli v pořádku předat budoucím generacím. Současná vláda klade na klima mnohem větší důraz než vlády předchozí. Prožíváme opravdu velkou změnu, a abychom byli schopni se na ni připravit, musíme podpořit nejen domácnosti, ale i průmysl a firmy. I kvůli tomu, co se děje na Ukrajině, jsou teď lidé a firmy více ochotni řešit, jakou energii budou v budoucnu používat.

*Děkuji za čas, který jste věnoval našemu rozhovoru.*

**Ing. Josef Nistler**

## Mgr. Petr Hladík

Mgr. Petr Hladík, narozen 28. září 1984, vystudoval Fakultu informatiky na Masarykově univerzitě, obor Service Science, Management and Engineering. Do KDU-ČSL vstoupil v roce 2010 a byl zvolen do zastupitelstva městské části Brno-sever. V roce 2016 se stal prvním náměstkem primátora města Brna. V roce 2018 svou pozici obhájil a stal se prvním náměstkem primátorky pro oblast životního prostředí. V roce 2022 byl opět zvolen zastupitelem a nadále působí jako řadový zastupitel města Brna. V roce 2019 se stal místopředsedou KDU-ČSL a zároveň předsedou odborné komise KDU-ČSL pro oblast životního prostředí. Spolu s Annou Hubáčkovou připravoval programové prohlášení vlády v oblasti životního prostředí. Od 9. ledna 2023 působil jako náměstek ministra životního prostředí. Ministrem životního prostředí se stal 10. března 2023.









# AI – náš první rozhovor

Na nápad udělat rozhovor s umělou inteligencí nás přivedl příspěvek z úplně jiného oboru, než je naše vodní hospodářství. Každopádně šlo o myšlenku vyzkoušet současnou úroveň umělé inteligence na tématech, která jsou našemu oboru blízká. Na příkladech položených otázek a generovaných odpovědí můžete sami posoudit, nakolik je tento nástroj ve vodařině užitečný. Struktura otázek je postavena od těch nejjednodušších až po komplikované v podobě komentářů k výsledkům předpovědních modelů nebo efektivitu a účelnosti právních předpisů a směrnic. Pro komunikaci byl vybrán nástroj CHAT GPT. Pokud si však člověk tento nástroj nevyzkouší, nemá ponětí, s čím má tu čest. :-)

Je pak na vašem posouzení samotného rozhovoru.

Než se však pustíme do rozhovoru, dovolte nám pár slov úvodem. Umělá inteligence (Artificial Intelligence, AI) se stala jedním z nejdiskutovanějších témat v oblasti technologií v posledních letech. AI zahrnuje širokou škálu technologií, jež umožňují počítačům učit se a rozpoznávat vzorce, předvídat výsledky, a dokonce simulovat lidské myšlení. Tato technologie se používá ve všech oblastech od zdravotnictví a výroby přes finanční služby až po zpravodajství. Jedním z největších přínosů AI je její schopnost řešit složité problémy a rychleji zpracovávat obrovské množství dat. To umožňuje třeba lékařům rychleji diagnostikovat nemoci, firmám identifikovat nové obchodní příležitosti a úřadům zlepšit bezpečnost a ochranu občanů.

Nicméně rozvoj umělé inteligence může být zároveň doprovázen řadou výzev a obav. Jednou z těch nejzásadnějších obav je snížení pracovních míst, jelikož mnoho pracovních činností, jež byly dříve prováděny lidmi, může být nahrazeno AI. Existují také obavy ohledně soukromí a bezpečnosti dat, protože AI má potenciál shromažďovat a analyzovat velké množství informací o lidech. Důležité je tedy zajistit, aby AI byla využívána odpovědně a eticky.

Umělá inteligence má obrovský potenciál pro zlepšení našeho života, je však nutné pečlivě zvážit její využití. Proto je třeba zajistit, že bude používána tak, aby přinášela výhody pro společnost a současně respektovala soukromí a bezpečnost lidí. Je nezbytné, aby vývojáři, politici i veřejnost spolupracovali na definování spravedlivých a odpovědných zásad pro její využití.

Rozhovor může začít:

**Ahoj, chtěl bych s tebou udělat rozhovor na téma vodní hospodářství. Je to možné?**

Ahoj! Ano, ráda s tebou udělám rozhovor na téma vodního hospodářství. Jaké máš konkrétní otázky a zájmy v této oblasti?

**Co je to voda a jaká je její důležitost pro život na Zemi?**

Voda je chemická sloučenina, která je tvořena dvěma vodíkovými atomy a jedním kyslíkovým atomem ( $H_2O$ ). Voda je nezbytná pro život na Zemi, protože tvoří základní složku všech živých organismů a je klíčovou složkou životního prostředí. Voda je důležitá pro mnoho procesů, jako jsou například trávení, metabolismus a vylučování odpadních látek.

Voda má také důležitou roli v regulaci klimatu, jelikož pomáhá udržovat stálou teplotu na Zemi a přenáší teplotu energii z jednoho místa na druhé. Voda slouží i jako zdroj energie, jako jsou například vodní elektrárny.

V neposlední řadě je voda nezbytná pro zemědělství a průmysl a také pro lidské aktivity, jako jsou například pití, vaření a mytí. Celkově lze říci, že voda je základním prvkem pro udržení života na Zemi a je důležitá pro fungování celého ekosystému.

**Vyjmenuj oblasti na Zemi, které se potýkají s problémem nedostatku vody/nedostatku pitné vody.**

Nedostatek vody a nedostatek pitné vody jsou obrovskými problémy v mnoha oblastech světa. Některé z nejvíce postižených oblastí jsou:

- Sahel v Africe,
- Blízký východ a severní Afrika, včetně Sýrie, Jordánska a Iráku,
- Indický subkontinent, zejména severní a západní Indie a Pákistán,
- Jižní a jihovýchodní Asie, včetně Bangladéše, Thajska a Vietnamu,
- Západní Spojené státy a Kalifornie v USA,
- Jižní Afrika, zejména Kapsko a další oblasti.

Tyto oblasti jsou buď příliš suché, aby zabezpečily potřeby vody, nebo trpí nedostatečnou infrastrukturou pro zásobování obyvatel vodou. Tyto problémy jsou často způsobeny klimatickou změnou, nadměrnou spotřebou vody a nadměrnou těžbou vody pro průmyslové a zemědělské účely.

**Zmínila jsi změnu klimatu. Jak velký vliv má tato změna na zajištění vody?**

Změna klimatu má velký vliv na dostupnost vody na celém světě. S růstem teploty a změnami srážkových vzorců dochází k extrémním povětrnostním jevům, jako jsou sucha, povodně a bouře, které mají výrazný dopad na zásobování vodou.

Sucha jsou stále častější a intenzivnější v mnoha oblastech světa, což má za následek pokles hladiny podzemních vod a úbytek vodních zdrojů. Kromě toho změny klimatu ovlivňují i srážky, jež mohou vést k nedostatku vody pro zemědělství a pitnou vodu pro obyvatele.

Navic rostoucí teploty mohou způsobit zvýšení odpařování vody ze zdrojů, jako jsou jezera a řeky, což také snižuje dostupnost vody pro lidi a zvířata. V důsledku toho se stává stále těžší zabezpečit dostatečné množství vody pro zemědělství, průmysl a lidské potřeby.

Celkově lze říci, že změna klimatu je jedním z hlavních faktorů, které způsobují nedostatek vody a které mají velký dopad na životní podmínky obyvatelstva.

**Ve své odpovědi zmiňuješ důsledky, jež klimatická změna ve vztahu k vodě přináší. Jaká jsou podle tebe vhodná opatření pro zajištění dostatečného množství vody?**

Existuje mnoho opatření, která lze přijmout pro zajištění dostatečného množství vody a pro zvládnutí dopadů klimatické změny. Zde je několik příkladů:

- Vylepšení infrastruktury pro zásobování vodou – to zahrnuje výstavbu nových přehrad, nádrží, kanálů a vodovodů pro přepravu vody tam, kde je potřeba.
- Ochrana přírodních zdrojů – tímto způsobem lze minimalizovat ztráty vody způsobené odpařováním a erozí půdy. Dále je třeba chránit lesy, které hrají důležitou roli při regulaci srážek a zachování zdrojů vody.
- Zavádění opatření na úsporu vody – tímto způsobem lze snížit spotřebu vody v domácnostech, průmyslu a zemědělství. Patří sem například instalace úsporných zařízení, zavlažování rostlin technologiemi s nízkou vodní náročností a použití recyklované vody.
- Podpora udržitelného zemědělství – zemědělské postupy, jako je přechod k zemědělství bez orby, k využití organického hnojení a k zavlažování pomocí kapek, mohou pomoci minimalizovat ztráty vody a udržovat úrodnost půdy.
- Zlepšování řízení a monitoringu zdrojů vody – efektivní řízení vodních zdrojů a monitorování kvality a množství vody může pomoci minimalizovat ztráty vody a zajistit dostatečné zásoby vody pro budoucí generace.



Microsoft Bing HLE DAT CHAT

Jde mi o opatření, která lze přijmout pro zajištění dostatečného množství vody a pro zvládnání dopadů klimatické změny. Zavedení komplexního přístupu k zajištění dostatečného množství vody má samozřejmě i finanční stránku. Chci zjistit: "Kolik finančních prostředků by měla společnost vynakládat na vodní hospodářství pro udržení vodního blahobytu?"

✓ Hledá se: „how much money should society spend on water management“

✓ Generování odpovědí pro vás...

I'm sorry, but I couldn't find any specific information on how much money society should spend on water management to maintain water well-being. However, according to Water.org, universal access to basic water and sanitation would result in \$18.5 billion in economic benefits each year from avoided deaths alone and every \$1 invested in water and sanitation provides a \$4 economic return from lower health costs, more productivity and fewer premature deaths<sup>1</sup>. Is there anything else you would like to know?

Další informace: 1. water.org 2. worldbank.org 3. census.gov 2 z(e) 15

přelož mi tvou odpověď do češtiny

Omlouvám se, ale nemohla jsem najít žádné konkrétní informace o tom, kolik peněz by společnost měla vynakládat na vodní hospodářství pro udržení vodního blahobytu. Nicméně podle Water.org by univerzální přístup ke základním vodním a sanitárním zařízením přinesl každý rok 18,5 miliardy dolarů ekonomických výhod pouze z vyhnutí se úmrtím a každý dolar investovaný do vody a sanitační poskytuje 4dolarový ekonomický návrat z nižších nákladů na zdravotnictví, vyšší produktivity a méně předčasných úmrtí. Je něco dalšího, co byste chtěli vědět?

3 z(e) 15

Rekni mi více o ekonomických výhodách investování do vodního hospodářství. Jaké jsou další způsoby jak společnost může investovat do vodního hospodářství?

Bing Chat – dotazování AI on-line

Celkově lze říci, že je třeba zavést komplexní přístup k zajištění dostatečného množství vody, který bude zahrnovat všechny tyto prvky a bude přizpůsoben místním podmínkám a potřebám.

### **Zavedení komplexního přístupu k zajištění dostatečného množství vody má samozřejmě i finanční stránku. Kolik finančních prostředků by měla společnost vynakládat na vodní hospodářství pro udržení vodního blahobytu?**

Je obtížné stanovit přesnou částku, kterou by společnost měla vynakládat na vodní hospodářství pro udržení vodního blahobytu, jelikož to závisí na mnoha faktorech, jako jsou rozsah a charakter problémů s vodou, potřeba infrastruktury, hospodářské podmínky apod.

Nicméně zpráva Organizace spojených národů z roku 2019 odhaduje, že investice do vodní infrastruktury by měly dosáhnout zhruba 1,7 bilionu dolarů ročně v průběhu příští dekády, aby se zajistilo udržitelné zásobování vodou pro všechny lidi na světě. Tato částka zahrnuje nejen investice do nových infrastruktur, ale také do údržby a modernizace stávajících zařízení a systémů.

Je důležité poznamenat, že vynakládání finančních prostředků na vodní hospodářství se může jevit jako vysoké náklady, ale dlouhodobě může přinést mnoho výhod. Zlepšení vodního hospodářství totiž nejenom zajišťuje udržitelnost zásobování vodou pro budoucí generace, ale také přináší výhody v podobě snížení nákladů na zdravotní péči, zvýšení produktivity v zemědělství a průmyslu a snížení rizika katastrof způsobených povodněmi a suchem.

### **Jaký lze očekávat vývoj ve vodním hospodářství v následujících třiceti letech?**

V následujících třiceti letech lze očekávat, že vodní hospodářství bude stále více ovlivňováno klimatickou změnou a rostoucí poptávkou po vodě z různých sektorů. Zde jsou některé z možných vývojových trendů v oblasti vodního hospodářství:

- Zvýšená poptávka po vodě – s růstem populace, urbanizace a průmyslu bude stále větší poptávka po vodě. To povede ke zvyšování tlaku na její dostupnost a na efektivní využívání zdrojů vody.
- Vylepšená technologie a inovace – inovativní technologie budou stále více využívány pro vylepšení účinnosti a udržitelnosti vodního hospodářství. Například vylepšené technologie pro recyklaci odpadních vod, desalinizaci slané vody a úpravu znečištěné vody.
- Zvyšující se důležitost obnovy vodních zdrojů – s ohledem na klimatickou změnu a častější extrémní povětrnostní podmínky bude čím dál důležitější obnovovat vodní zdroje a zlepšovat zadržování vody v krajině.
- Větší důraz na integraci – vodní hospodářství bude více integrováno s jinými sektory, jako jsou zemědělství, energetika a průmysl, aby bylo možné lépe koordinovat využívání vodních zdrojů a minimalizovat konflikty.
- Zvýšená spolupráce na mezinárodní úrovni – vzhledem k tomu, že mnoho vodních zdrojů překračuje hranice států, bude stále důležitější zlepšit spolupráci a koordinaci na mezinárodní úrovni.
- Větší podpora pro udržitelné hospodaření s vodou – budou se prosazovat nové přístupy k hospodaření s vodou, které budou kladně přispívat k udržitelnosti vodních zdrojů a ke zlepšení životního prostředí.

**Prosazování uvedeného však musí mít například i svůj legislativní rámec. Vyjmenuj mi legislativní nástroje v oblasti vodního hospodářství na úrovni EU.**

Na úrovni EU existuje několik legislativních nástrojů v oblasti vodního hospodářství. Následující seznam zahrnuje některé z hlavních:

- Rámcová směrnice o vodách (Water Framework Directive) – tato směrnice z roku 2000 stanoví rámec pro ochranu vodních zdrojů v EU, včetně ochrany vodních ekosystémů a zajištění kvality povrchových a podzemních vod. Cílem této směrnice je dosáhnout dobrého stavu vod do roku 2027.
- Směrnice o znečištění vod od dusíku ze zemědělství (Nitrate Directive) – tato směrnice z roku 1991 má za cíl omezit znečištění vod dusičnany zemědělskými činnostmi, zejména hnojením.
- Směrnice o čištění odpadních vod (Urban Waste Water Treatment Directive) – tato směrnice z roku 1991 stanovuje minimální požadavky na čištění komunálních odpadních vod v celé EU.
- Směrnice o kontrolách kvality vody určené ke koupání (Bathing Water Directive) – tato směrnice z roku 1976 stanovuje minimální požadavky na kvalitu vody pro koupání na veřejných plážích a jiných koupalištích.
- Směrnice o vodě pro lidskou spotřebu (Drinking Water Directive) – tato směrnice z roku 1998 stanovuje minimální požadavky na kvalitu vody pro lidskou spotřebu, včetně maximálních povolených hodnot pro určité znečišťující látky.
- Směrnice o integrované prevenci a omezování znečištění (Integrated Pollution Prevention and Control Directive) – tato směrnice z roku 1996 stanovuje minimální požadavky na kontrolu znečištění vodních zdrojů a ovzduší v celé EU.
- Směrnice o vodách určených pro rybolov (Fisheries Directive) – tato směrnice z roku 2006 stanovuje minimální požadavky na ochranu vodních zdrojů, které jsou využívány pro rybolov.

**Ve svém výčtu zmiňuješ Rámcovou směrnici o vodách (Water Framework Directive) z roku 2000. Jak moc efektivní je tento více než dvacet let starý legislativní nástroj?**

Rámcová směrnice o vodách byla původně přijata v roce 2000 s cílem dosáhnout dobrého stavu vodních zdrojů v Evropě do roku 2015. Tento termín byl později prodloužen na rok 2027. Zatímco směrnice zaznamenala určité úspěchy, v mnoha oblastech nebylo cíle dosaženo a situace se v některých případech dokonce zhoršila.

Hlavní výzvou pro úspěšné provedení této směrnice bylo, že byla vydána jako rámcová směrnice, což znamená, že byla navržena tak, aby umožnila členským státům pružnost při jejím provedení. To však vedlo k velkému rozdílu v interpretaci směrnice a ve způsobu, jakým ji členské státy provádějí.

V současné době probíhá proces hodnocení účinnosti Rámcové směrnice o vodách a přezkoumání některých jejích ustanovení. Je pravděpodobné, že po tomto přezkoumání budou provedena další opatření pro zlepšení účinnosti této směrnice.

**Děkuji ti za tvé odpovědi a za příjemný rozhovor.**

Nemáš zač, bylo mi potěšením odpovídat na tvé otázky a diskutovat s tebou. Pokud bys měl(a) nějaké další dotazy, neváhej a zeptej se mě.

*(Poznámka redakce: odpovědi nebyly obsahově upravovány, pouze prošly jazykovou korekturou.)*

Účelem komunikace v podobě rozhovoru bylo zjistit úroveň znalostí AI (v našem případě Chat GPT-3) a způsob jazykové skladby jednotlivých odpovědí.

Nutno podotknout, že nástroj Chat GPT, resp. jeho verze 3, není připojen k internetu, veškeré své znalosti čerpá ze své „napěchované“ paměti, jež má čas od času i výpadky. Příkladem mohou být doplňující a upřesňující dotazy:

**Prosím, ověř mi informaci „zpráva Organizace spojených národů z roku 2019 odhaduje, že investice do vodní infrastruktury by měly dosáhnout zhruba 1,7 bilionu dolarů ročně v průběhu příští dekády“.**

Ano, informace je správná. Zpráva Organizace spojených národů (OSN) z roku 2019 s názvem „World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind“ odhaduje, že k dosažení cílů udržitelného rozvoje týkajících se vody by měly být investice do vodní infrastruktury v průměru zhruba 1,7 bilionu dolarů ročně v průběhu příští dekády (2019–2030). Tato investice by měla zajistit, aby všichni lidé na světě měli přístup k pitné vodě a službám hygieny a sanitační, a zlepšila by také vodohospodářskou infrastrukturu a zdroje veřejné vody po celém světě.

**Takovou informaci jsem bohužel nedohledal. Můžeš mi informaci konkretizovat, například v podobě sdělení strany dokumentu, kde se o této informaci píše?**

Omlouvám se za nedorozumění. Informace, kterou jsem uváděla, není přesná. Výše citované částky se netýkají zprávy OSN, ale jsou to odhady celkových potřeb na infrastrukturu, které publikovalo Světové ekonomické fórum v roce 2018.

Zpráva OSN „World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind“ se skutečně zaměřuje na výzvy a potřeby v oblasti vodního hospodářství. V této zprávě OSN se mimo jiné uvádí, že podle odhadů bude do roku 2030 třeba investovat asi 114 miliard dolarů ročně do vodohospodářské infrastruktury na celém světě. Tato částka se vztahuje především na zlepšení vodohospodářských služeb a infrastruktury v zemích s nižšími příjmy.

Ještě jednou se omlouvám za nesprávnou informaci a doufám, že tuto informaci ti mohu poskytnout.

Z výše uvedeného je patrné, že v mnoha případech si AI „vymýšlí“ a může tvrdit naprosté nesmysly. Nelze to brát jako „chybu“, nýbrž výsledek, který vyplývá z principu, na jehož základě nástroj funguje. Srovnáme-li úroveň podobných nástrojů před pár lety, jde o pokrok doslova raketový. Lze jen odhadovat, na jakou úroveň se nástroj AI posune v následujících měsících/pár letech a jak bude tato vyšší úroveň reagovat na stejné dotazy. Výše uvedený dialog je jen jedním z možných způsobů využití chatbotu ChatGPT, který využívá možnosti specifickým způsobem trénovaného velkého jazykového modelu (GPT) a neuronové sítě. Tento nástroj umí například z obsáhlého souboru dat zpracovat textový souhrn, generovat kód v několika základních programovacích jazycích nebo přeložit text do volitelného jazyka.

*Poznámka: V době po zpracování tohoto příspěvku vyšla aktualizovaná verze ChatGPT-4, která vykazuje znatelně lepší orientaci v kontextu, je sémanticky i stylisticky na vyšší úrovni než předchozí verze 3 a jako součást vyhledávače Microsoft Edge je napojena i na internet (dává tedy funkční odkazy k tématu).*

## Autoři

**Ing. Josef Nistler**

✉ josef.nistler@vuv.cz

**Tomáš Pojeta**

✉ tomas.pojeta@vuv.cz

**Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha**









Foto na dvoustraně: M. Sedláček

## Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty

V období od 8. listopadu 2022 do 31. ledna 2023 probíhala v atriu Fakulty stavební ČVUT v Praze výstava „Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty“. Expozice zahrnovala výstavní panely, interaktivní model zdymadla s jezem, obrazovku s videoprojekcí a kiosek s webovou aplikací [www.lvvc.cz](http://www.lvvc.cz). Výstava mapovala historii a vývoj 324 kilometrů dlouhé vodní cesty od počátku 19. století a předpokládá se její pokračování v putovním režimu.

Výstava vznikla pod vedením doc. Dr. Ing. Pavla Fošumpaura z Fakulty stavební ČVUT v Praze, Katedry hydrotechniky, a to v rámci projektu „Dokumentace a prezentace technického kulturního dědictví na Labsko-vltavské vodní cestě“ podpořeného z programu Ministerstva kultury na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016–2022 (NAKI II).

Smyslem výstavy „Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty“ je seznámit návštěvníky s historií a vývojem Labsko-vltavské vodní cesty (LVVC). Soustředí se na novodobé dějiny úprav LVVC od počátku 19. století, kdy splavnění Vltavy a Labe bylo realizováno nejprve regulačními úpravami. Od konce 19. století byla zahájena realizace kanalizačního splavnění pomocí výstavby souvislé kaskády zdymadel. O kanalizačním splavnění bylo rozhodnuto vydáním říšského vodního zákona č. 93 z roku 1869. Systematický přístup k úpravám vodních toků a důraz na jejich víceúčelový charakter je kladen teprve od roku 1896, kdy byla zřízena Komise pro kanalizování řek Vltavy a Labe v Čechách. Program úprav byl následně vytyčen v rámci zemského vodocestného zákona z roku 1901. V období let 1899–1905 byla kanalizačními úpravami výstavbou kaskády zdymadel splavněna dolní Vltava po Mělník. Vltava v Praze byla kanalizační úpravou splavněna v letech 1907–1913. Úsek Labe od Mělníku po Lovosice byl kanalizačně splavněn v období let 1907–1919 a zdymadlo Střekov bylo

dokončeno v roce 1936. Kaskáda zdymadel na středním Labi byla uváděna do provozu v pořadí podle důležitosti ochrany záplavového území. Většina vodních děl byla dokončena do poloviny 20. století. Řada historických objektů na LVVC se řadí mezi významné kulturní památky.

Výsledkem tohoto úsilí je Labsko-vltavská vodní cesta, jak ji známe dnes. Zasluhou technické erudice našich předků tak vznikl soubor 34 unikátních vodních děl, jež dodnes slouží svému účelu. Výstava dokumentuje Vltavskou vodní cestu od slapské přehrady po Mělník a Labskou vodní cestu od Pardubic po státní hranici s Německem. Přestože základním účelem je zajištění plavebních podmínek na této vodní cestě, vybudovaný soubor objektů slouží dle původních plánů dodnes také pro mnoho dalších účelů, jimiž jsou ochrana před povodněmi, zásobování vodou, využití obnovitelné vodní energie a rekreace. Řada objektů na LVVC tvoří součást národního fondu nemovitého kulturního dědictví a některé objekty mají statut kulturních památek. Cílem výstavy je upozornit na existenci tohoto unikátního souboru vodních děl s jedinečnou historií a celospolečenským významem a prohloubit zájem o technické vzdělávání, jež má u nás hlubokou tradici.

U příležitosti výstavy byl vydán tištěný katalog, který prezentuje dokumentované informace o zdymadlech na LVVC a jejím historickém vývoji i hlavní výsledky projektu. Katalog je dostupný též v elektronické verzi na webu projektu. Kromě zdymadel jsou podrobněji zpracovány i veřejné přístavy, jejichž vznik těsně souvisí s vývojem dopravní infrastruktury. Výstupem projektu je také mapa se specializovaným obsahem, která prezentuje historické regulační úpravy na dolním Labi pod Střekovem v Ústí nad Labem po státní hranici





s Německem. Pozornost je dále věnována speciálním tématům, jako jsou víceúčelový charakter jednotlivých objektů, osobnosti spojené s rozvojem vodní cesty, poslední realizované modernizace a hydroenergetické využití. Výstava byla doplněna o interaktivní model zdymadla s jezem, komorou, elektrárnou a slalomovým kanálem, o model plánovaného plavebního stupně Děčín, kiosk s webovou aplikací a velkoplošnou obrazovku s videoprojekcí časoprostorového vývoje LVC.

Součástí projektu je také webová aplikace „Technické památky Labsko-vltavské vodní cesty“, jež byla představena v roce 2020. Aplikace dokumentuje existující technické historické objekty na této vodní cestě a jejich stavební a technologické prvky a zpřístupňuje je veřejnosti. Zároveň nabízí tipy na turistické zajímavosti v okolí řek a v animaci představuje časový vývoj moderních úprav vodní cesty od konce 19. století až do současnosti. Rovněž je vybavena slovníkem odborných pojmů a nadšenci historie se v ní mohou seznámit s množstvím digitalizovaných historických dokumentů, map a výkresů. Aplikace je dostupná na <https://www.lvvc.cz/>.

Autor

**Doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur**

✉ fosumpaur@fsv.cvut.cz

Fakulta stavební ČVUT v Praze







# VTEI/2023/3

*Od roku 1959*

VODOHOSPODÁŘSKÉ  
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE  
WATER MANAGEMENT  
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství.  
Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

**Ročník 65**



VTEI.cz

**Vydává:** Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,  
veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

**Redakční rada:**

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Ing. Michaela Danáčová, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur,  
doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D., Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.,  
Ing. Jiří Kučera, Ing. Martin Pavel, Ing. Jana Pořová, Ph.D., Mgr. Hana Sezimová, Ph.D.,  
Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba, Ing. Marcela Zrubková, Ph.D.

**Vědecká rada:**

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,  
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.,  
Ing. Michael Trnka, CSc., Dr. rer. nat. Slavomír Vosíka

**Šéfredaktor:**

Ing. Josef Nistler (josef.nistler@vuv.cz)

**Odborné redaktorky:**

Mgr. Zuzana Řehořová (zuzana.rehorova@vuv.cz)  
Mgr. Hana Beránková (web) (hana.berankova@vuv.cz)

**Zdroje fotografií tohoto čísla:**

VÚV TGM, 123RF.com, RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D., Mgr. Radek Bachan, Miloš Sedláček

**Grafická úprava, sazba, tisk:**

ABALON s.r.o., [www.abalon.cz](http://www.abalon.cz)

Náklad 700 ks

Časopis VTEI vychází od roku 2022 v anglické mutaci,  
která je k dispozici na <https://www.vtei.cz/en/>

Příští číslo časopisu vyjde v srpnu.

Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na [www.vtei.cz](http://www.vtei.cz)

**CC BY-NC 4.0**

**ISSN 0322-8916**

**ISSN 1805-6555 (on-line)**

**MK ČR E 6365**





## ZÁVLAHOVÁ SOUSTAVA KRHOVICE – HEVLÍN

Základní funkcí kanálu Krhovice – Hevlín bylo přivést závlahovou vodu do oblasti mezi Znojmem (Krhovicemi) a Hrušovany nad Jevišovkou. Motivem vzniku závlahové soustavy bylo omezení vlivů sucha a potřeba závlah v slunné a na srážky skoupé oblasti bez výrazné sítě potoků a struh. Z tohoto důvodu zde byla zvolena závlaha postřikem. Přípravy k vybudování závlah probíhaly již dlouho před 2. světovou válkou, ale k realizaci došlo až mezi lety 1949–1954.

Závlahová soustava sestává z hlavního závlahového kanálu, který vodu z Dyje dopravuje k jednotlivým závlahovým čerpacím stanicím, případně je voda podávacími stanicemi čerpána do dalších úseků závlahové soustavy s akumulačními nádržemi. Na hlavní závlahový kanál Krhovice – Hevlín navazují dva přívodní kanály vybudované v roce 1966, jež posilují distribuci vody. Plocha kolaudovaných zavlažovaných ploch se již roku 1966 blížila 6 000 ha, další velkoplošné úseky následovaly až do osmdesátých let.

Soustava Krhovice – Hevlín představuje jednu z prvních moderních velkoplošných závlah postřikem v bývalém Československu a patřila i mezi vzorové realizace, které poskytly cenné zkušenosti pro další rozvoj moderních závlah. Vlastní soustava je funkčně svázána i s objekty akumulace vody v území – vodními díly Vranov a Znojmo. Takto velkoryse koncipovaná soustava v prostoru mezi Dyjí a Jevišovkou zefektivnila režim zavlažování, jenž byl dříve roztříštěný do maloplošných či lokálních aplikací. Zejména s ohledem na rušení a omezení závlah po roce 1989 patří tato dochovaná a stále funkční soustava k jedinečným dokladům industriálního dědictví.

*Text dodali Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., a doc. PhDr. Zbyněk Sviták, CSc., fotografii Mgr. Radek Bachan.*

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV  
VODOHOSPODÁŘSKÝ  
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

**VTEI.cz**