

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

# VTEI / 2021 / 5

- 4 / Kvalita vody a stav společenstev vodních bezobratlých v drobných tocích Prahy
- 24 / Testování zařízení Mini-JET pro stanovení erozních charakteristik orné půdy
- 56 / Rozhovor s paní Heide Jekel, prezidentkou Mezinárodní komise pro ochranu Labe

# Mezinárodní den stromů

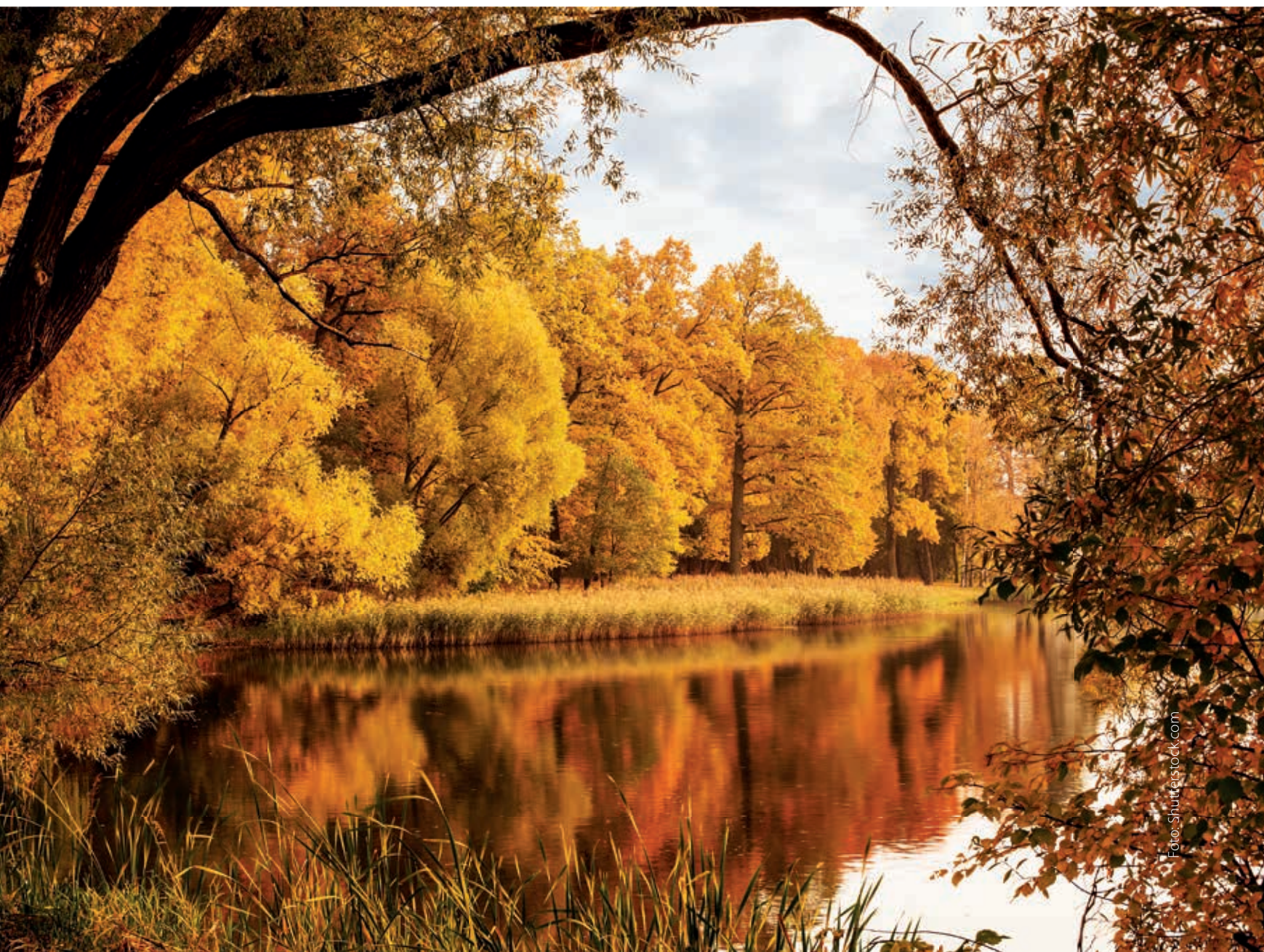
Mezinárodní den stromů (National Tree Day nebo také Arbor Day) je svátek, který stromy oslavuje hlavně prostřednictvím jejich společného sázení. Jako první přišel s nápadem zavést tento svátek novinář a milovník přírody Julius Sterling Morton z Nebrasky v roce 1872, kdy bylo během jednoho dubnového dne společnými silami vysázeno přes milion stromů. O dva roky později byl svátek uzákoněn a přes Spojené státy americké se rozšířil do celého světa. O uchování této tradice, tedy o propagaci Dne stromů a společně sázení v USA, se nyní stará Arbor Day Foundation, což je největší takto zaměřená organizace na světě.

Ovšem stromy, háje a lesy byly uctívány už odnepaměti. Zmínky o svátku společného sázení stromů v malé španělské vesnici Mondoñedo pocházejí již z roku 1594 a tamní místo nazývané Alameda de los Remedios je prý dodnes osázeno lipami a jírovcí. Ostatně o tom, že stromy je třeba chránit a pravidelně sázet nové, věděla také Marie Terezie, jež v roce 1754 vydala pokrokový Řád lesní, upravující ochranu lesa a hospodaření v něm. Za její vlády bylo na našem území vysázeno nejvíce stromořadí i ovocných alejí.

V novodobé historii si Den stromů připomínají prakticky všechny kontinenty. Vzhledem k jejich odlišným klimatickým podmínkám se tento svátek logicky slaví v různých obdobích – například v Americe připadá na 22. dubna, v Izraeli na přelom ledna a února, Nový Zéland si ho připomíná 5. července na Světový den životního prostředí.

Do Čech přinesl myšlenku oslav Dne stromů Svaz spolků okrašlovacích roku 1906. Poté však byla tato tradice přerušena oběma světovými válkami a následně komunistickým režimem. S nápadem na obnovu svátku přišli až v roce 2000 bývalý ředitel Botanické zahrady UK v Praze RNDr. Václav Větvíčka a dřevosochař Martin Patříčný. Při oslavě společného sázení tehdy vystupovala šansoniérka a velká milovnice přírody Hana Hegerová. Tyto tři osobnosti tedy stanovily termín Dne stromů v České republice na **20. říjen** a ve stejný den jej od té doby slaví také Slovensko a Polsko.

Mgr. Zuzana Řehořová  
Odborná redaktorka VTEI



# Obsah



## 3 Úvod

### 4 Kvalita vody a stav společenstev vodních bezobratlých v drobných tocích Prahy

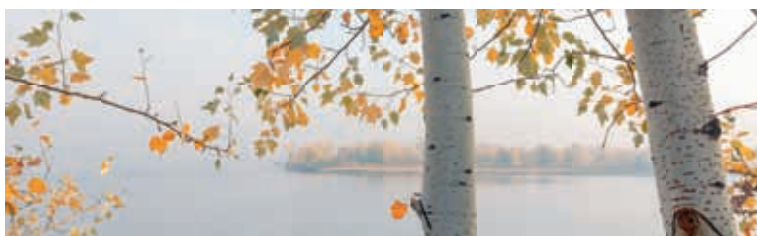
Pavel Kožený, Hana Janovská, Jitka Svobodová

### 24 Testování zařízení Mini-JET pro stanovení erozních charakteristik orné půdy

Michal Vrána, David Zumr, Josef Krása, Tomáš Dostál, John S. Schwartz

### 32 Problematika interpretace archivních mapových podkladů v případě mokřadních biotopů

Pavel Richter



### 39 Retrospektivní pohled na šumperský vodovod do šedesátých let 20. století

Aleš Létal, Renata Pavelková, Jindřich Frajer

### 47 Nakládání s komunálním odpadem ve světle nových předpisů

Dagmar Vološinová, Robert Kořínek, Jiří Kučera



## 55 Autoři

### 56 Rozhovor s paní Heide Jekel, prezidentkou Mezinárodní komise pro ochranu Labe

Redakce



## 58 Centrum Voda

Petr Březina

## 60 Vzpomínka na RNDr. Evu Kočkovou

Hana Mlejnková



# Vážení čtenáři,

nemohu jinak než se vrátit k událostem minulých měsíců, kdy se v rychlém sledu projevilo množství klimatických extrémů, které způsobily škody nejen na majetku, ale i na lidských životech. Začalo to pro naši zemi neobvyklým tornádem a následovaly bleskové povodně. Jsme rozlohou malý stát, takže na seznam musíme přidat i přívalové srážky a bleskové povodně v Německu a Belgii, a to i včetně dalšího tornáda. S odstupem času, kdy už lze zodpovědně začít důvody vyhodnocovat, stále nemáme jasno, zda se jedná o důsledek klimatické změny, nebo ne. Vichřice a povodně se vyskytovaly i v minulosti, možná dokonce ve větším rozsahu, ale protože osídlení bylo řidší, stavby byly méně ambiciózní a více se respektovaly přírodní podmínky, ani dopady nebyly tak tragické. Nyní je však zřejmé, že extrémní nejsou lokální záležitostí, a jejich četnost se zvyšuje po celém světě. Dnešní globálně propojený svět nám dává možnost srovnávat stávající stav s historickými zkušenostmi v různých zemích a světadílech. Oteplující se Sibiř, otevírající se Severní mořská cesta, mizející led v Antarktidě, sucho v Severní Americe a žíznící Arizona, Nevada a Mexiko, nejteplejší červenec v historii měření v Asii a druhý nejteplejší červenec po roce 2018 v Evropě, tisícileté povodně v Číně a mnohé další extrémní se dají těžko vysvětlit jinak než měnícím se klimatem.

I kdybychom však s teorií klimatické změny nesouhlasili, musíme si přiznat, že člověk své prostředí mění a příroda na změny reaguje. A pokud se lidská činnost a počasí zkombinují, pak se nám extrémní projevují častěji, silněji a způsobem, který v našich končinách neočekáváme. Ke stejným závěrům dospěla i nová vědecká zpráva organizace World Weather Attribution a Evropské klimatické nadace, kde byly pomocí simulačních modelů analyzovány dopady zvýšení teploty o 1,2 °C na příkladu jedno- až dvoudenních dešťů, jež nyní nastávají 1,2 až 9x častěji a s intenzitou o 3 až 19 % vyšší než v předindustriální době. Žijeme ovšem v přítomnosti a před námi vyvstává požadavek zabývat se výzkumnými úkoly, které by měly nejen zjišťovat příčiny přírodních extrémů a mapovat jejich dopady, ale především navrhnout řešení, jak se jim v budoucnosti vyhnout. Jsem přesvědčen, že i náš časopis VTEI je platným dílkem velké mozaiky, jež pomáhá tyto úkoly plnit.



**Ing. Tomáš Urban**  
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

# Kvalita vody a stav společenstev vodních bezobratlých v drobných tocích Prahy

PAVEL KOŽENÝ, HANA JANOVSKÁ, JITKA SVOBODOVÁ

**Klíčová slova:** Praha – vodní toky – kvalita vody – ekologický stav – vodní bezobratlí – makrozoobentos – raci

## SOUHRN

Cílem této studie bylo zpracování hodnocení ekologického stavu drobných toků na území hlavního města Prahy postupem analogickým s hodnocením vodních útvarů podle Směrnice 2000/60/ES. Pro výzkum bylo vybráno celkem osm lokalit na sedmi vodních tocích (potoky Šárecký, Dalejský, Radotínský, Libušský, Kunratický, Botič a Rokytky) s tím, že do výběru byly zahrnuty přírodě blízké i různým způsobem revitalizované úseky. Na vybraných lokalitách probíhalo od května 2017 roční vzorkování chemických ukazatelů a standardní multihabitatovou metodou byly odebrány vzorky vodních bezobratlých (makrozoobentosu). Údaje o kvalitě vody a společenstvech makrozoobentosu byly doplněny o astakologický průzkum výskytu původních i nepůvodních druhů raků. Ten byl proveden na Šáreckém, Říčanském, Radotínském, Dalejském potoce a na Rokytky.

Hodnocení fyzikálně-chemických parametrů zařadilo všechny lokality do středního a horšího ekologického stavu. Nejhorší výsledky přineslo vyhodnocení celkového a fosforečnanového fosforu, kde spadaly do kategorie středního a horšího stavu všechny lokality. Na základě hodnocení společenstva makrozoobentosu byly do středního ekologického stavu zařazeny lokality Šárecký potok, Rokytky pod Hořejším rybníkem, Radotínský a Libušský potok. Dalejský potok, Kunratický potok, Rokytky nad Hořejším rybníkem a Botič byly zatříděny do poškozeného ekologického stavu. Žádná ze sledovaných lokalit tak nedosáhla dobrého stavu. Hlavním důvodem vyhodnocení špatné kvality vody na drobných tocích Prahy bylo znečištění živinami, především fosforem, který je příčinou eutrofizace vodních ekosystémů. Špatnou kvalitou vody jsou zjevně limitována i společenstva vodních bezobratlých v revitalizovaných i přírodě blízkých vodních tocích. Na Dalejském potoce na horním okraji obce Řeporyje byl prokázán výskyt ohroženého raka bahenního (*Astacus leptodactylus*). Negativním zjištěním je zánik populace kriticky ohroženého raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na Radotínském potoce. Pravděpodobnou příčinou bylo silné znečištění komunální odpadní vodou a následně zjištěná nákaza račím morem. Při průzkumu nebyli nalezeni žádní jedinci nepůvodních druhů raků.

# Water Quality and State of Aquatic Invertebrate Populations in Small Watercourses in Prague

PAVEL KOŽENÝ, HANA JANOVSKÁ, JITKA SVOBODOVÁ

**Keywords:** Prague – watercourses – water quality – ecological status – aquatic invertebrates – macrozoobenthos – crayfish

## ABSTRACT

The aim of this paper has been to evaluate the ecological status of small watercourses in the capital city of Prague by analogy to the evaluation of water bodies pursuant to Directive 2000/60/EC. A total of eight sites were selected at seven watercourses (Šárecký, Dalejský, Radotínský, Libušský, Kunratický, Botič and Rokytky Streams). Both sections that are semi-natural and those that have been restored in various ways were selected. From May 2017 onwards, annual sampling of chemical indicators took place in selected sites and a standard multihabitat method was used to take samples of aquatic invertebrates (macrozoobenthos). Data related to water quality and macroinvertebrates populations were complemented with astacological research of the presence of native and alien crayfish species, which took place in Šárecký, Říčanský, Radotínský, Dalejský and Rokytky Streams.

On the basis of evaluated physicochemical parameters, all the above sites were classified as moderate and worse ecological status. An evaluation of total and phosphate phosphorus yielded the worst results and all the sites were classified as moderate and worse status. An evaluation of macroinvertebrates populations yielded the following results: the sites at Šárecký Stream, Rokytky below Hořejší Pond, Radotínský Stream and Libušský Stream were classified as moderate ecological status whereas Dalejský Stream, Kunratický Stream, Rokytky above Hořejší Pond and Botič Stream were classified as poor ecological status. None of the evaluated sites thus reached good status. The main reason for the evaluated poor water quality of small watercourses in Prague is pollution by nutrients, in particular phosphorus, which causes eutrophication of aquatic ecosystems. Poor water quality clearly also limits populations of aquatic invertebrates in restored and semi-natural watercourses. The presence of endangered narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) was established in Dalejský Stream at the upper boundary of the Řeporyje municipality. A negative finding is extinction of the population of critically endangered stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in Radotínský Stream. This extinction was probably caused by strong municipal waste water pollution and by subsequently established crayfish plague. No alien crayfish population specimens were found during the research.

## ÚVOD

Na území Prahy se nachází 357 km drobných vodních toků 1. až 4. řádu dle Strahlera. Jejich převážná většina je také hlavním městem Prahou (HMP) spravována. Od roku 2000 provádí HMP systematické měření a vyhodnocování fyzikálně-chemických a chemických parametrů kvality vody na 16 potocích v 38 profilech a v 55 vodních nádržích [1]. Měření se koná jednou měsíčně v blízkosti ústí větších potoků a jednou za dva měsíce na zbývajících 33 profilech. Souhrnné vyhodnocení je prováděno do tříd jakosti povrchových vod podle normy ČSN 75 7221 [2].

Pravidelný monitoring biologických složek není HMP realizován. Výzkum biologických složek je buď předmětem samostatných zakázek, nebo probíhá v rámci činnosti výzkumných institucí. Především potok Botič je dlouhodobě studován pracovištěm ČVUT v Praze, jehož pracovníci se mimo jiné zabývají hodnocením vodních bezobratlých (makrozoobentosu) [3–6]. Ostatní publikované údaje o vodních bezobratlých z území Prahy jsou sporadické [7]. Makrozoobentos přitom tvoří jednu z hlavních biologických složek vodního prostředí, jíž je v České republice dlouhodobě věnována systematická pozornost. Jedná se totiž o široce rozšířenou a taxonomicky různorodou skupinu organismů dosahujících vysokých početností, které mají rozdílné nároky na prostředí a obvykle dobré bioindikační schopnosti – tedy schopnosti reflektovat podmínky prostředí, v němž se nacházejí, a jejich změny. Těto schopnosti je možno využít právě k hodnocení míry ovlivnění různými negativními antropogenními vlivy nebo naopak nápravnými opatřeními, a proto je využívána pro hodnocení ekologického stavu vod, zejména vod tekoucích. Přístupy k tomuto hodnocení jsou definovány Rámcovou směrnicí o vodách (RSV) [8]. Ekologický význam společenstva makrozoobentosu v prostředí vodního toku je zásadní. Jako součást potravního řetězce mají jednotlivé taxony různé potravní strategie [9]. Nacházíme zde mimo jiné spásáče a seškrabávače živící se např. na nárůstech řas, sběrače, kouskovače podílející se na rozkladu např. spadaneho listí, filtrátory živící se jemnou partikulovanou hmotou i dravce. Zároveň je makrozoobentos důležitou složkou potravy rybí obsádky.

Jiní autoři se zabývali na území Prahy též výskytem raků [10], což je v městském prostředí téma atraktivní a závažné z důvodu ochrany populací původních raků a naopak omezení šíření raků nepůvodních. Původní evropské raky (rak říční, rak bahenní a rak kamenáč), jako největší zástupce makrozoobentosu, lze považovat za tzv. deštníkové druhy, neboť jejich ochranou je zajištěna i ochrana celé řady druhů sdílejících s raky stejný biotop. Raci nejsou potravně specializováni a živí se rozmanitou stravou rostlinného i živočišného původu. Invazní druhy raků (především rak signální a rak pruhovaný), na rozdíl od původních raků, jsou daleko agresivnější k ostatním vodním živočichům. Mají mnohem vyšší rozmnožovací schopnosti (rozmnožují se častěji a mají vyšší počet potomků), a dokážou tak v krátké době zcela zdecimovat jak faunu, tak i flóru v dané lokalitě. Kromě toho jsou přenašeči račích moru, onemocnění, které naše původní druhy raků usmrcuje a jehož původcem je plísní podobný patogen *Aphanomyces astaci*. Nepůvodní raci jsou tímto patogenem často nakaženi, avšak vůči onemocnění jsou rezistentní. Výskyt invazních raků proto dokáže v krátké době způsobit vymizení celé původní populace našich raků v lokalitě a narušit stabilitu vodního ekosystému [11].

Dva největší pražské potoky, Botič a Rokytky, jsou vymezeny jako vodní útvary ve smyslu RSV [8]. Státní podnik Povodí Vltavy provádí na jejich reprezentativních profilech pravidelný monitoring, ze kterého pak vyhodnocuje ekologický stav vodního útvaru [12]. Takto jsou však hodnoceny pouze dva z mnoha vodních toků, reprezentativní profily jsou navíc umístěny na okraji Prahy, ještě před hlavními vlivy pražské aglomerace.

## INTRODUCTION

According to the Strahler method, there are 357 km of small order 1 to 4 streams in Prague. A vast majority of them is administered by the capital city of Prague. Since 2000, Prague has been doing systematic measurement and evaluation of physicochemical and chemical parameters of water quality of 16 streams in 38 profiles and 55 water reservoirs [1]. Measurement takes place once a month close to the mouth of larger streams and once every two months in the remaining 33 profiles. Based on an overall evaluation, the above are classified into surface water quality classes pursuant to the ČSN Technical Standard 75 7221 [2].

Prague does not regularly monitor biological quality elements. Research of biological is either a subject of individual contracts or it is done by research institutions. Botič Stream in particular has been examined long-term by the Czech Technical University in Prague, which also evaluates aquatic invertebrates (macrozoobenthos) [3–6]. Other published data related to aquatic invertebrates in Prague are sporadic [7]. However, macroinvertebrates is one of the main biological components of the aquatic environment that has been systematically researched in the Czech Republic. Macroinvertebrates is a widespread and taxonomically diverse group of organisms that are very abundant, have different demands for the environment they live in and usually good bioindicator abilities, i.e., abilities to reflect the conditions of the environment they live in and also changes thereof. This capability may be used to evaluate the degree to which they are affected by various negative anthropogenic impacts or on the contrary remedial measures and that is why it is used to evaluate the ecological status of water, especially running water. Approaches to this evaluation are defined by the Water Framework Directive (WFD) [8]. The environmental significance of macroinvertebrates populations in watercourses is crucial. As part of the food chain, the individual taxa have various feeding strategies [9]. Among others, there are those that graze and scrape, feeding on a growth of algae, those that collect and cut, taking part in the decomposition of fallen leaves for example, then there are filter feeders who feed on fine particulate matter and also predators. At the same time, macroinvertebrates is an important component of what the fish stock feeds on.

Other researchers also studied the presence of crayfish in Prague [10], which is an attractive and very serious topic in urban environment with regard to the protection of native crayfish populations and limiting the spread of alien crayfish. Native crayfish (Noble crayfish, Narrow-clawed crayfish and stone crayfish) as the largest macroinvertebrates representatives may be regarded as umbrella species whose protection safeguards the protection of a whole range of other species who share the same biotope with crayfish. Crayfish do not feed only on specific foods but rather feed on diverse plants and animals. As opposed to native crayfish, invasive crayfish species (in particular signal crayfish and spiny-cheek crayfish) are far more aggressive to other aquatic animals. They have a far greater reproductive ability (they reproduce more often and have more offspring) and are thus able to completely destroy both the fauna and flora in a given site in a short period of time. Besides, they are carriers of crayfish plague, which is a disease that kills native crayfish species and is caused by a mold-like pathogen *Aphanomyces astaci*. Alien crayfish are often infected with this pathogen but are resistant to the disease. The presence of invasive crayfish can thus lead to the extinction of the whole population of native crayfish in a site and disrupt the stability of the aquatic ecosystem [11].

Two largest Prague Streams, Botič a Rokytky, are defined as water bodies within the meaning of the WFD [8]. State-owned enterprise Povodí Vltavy carries out regular monitoring of their representative profiles based on which it evaluates the ecological status of these water bodies [12]. However, only two out of numerous watercourses are evaluated in this way and besides that the representative profiles are located on the outskirts of Prague before the main impacts of the Prague agglomeration.

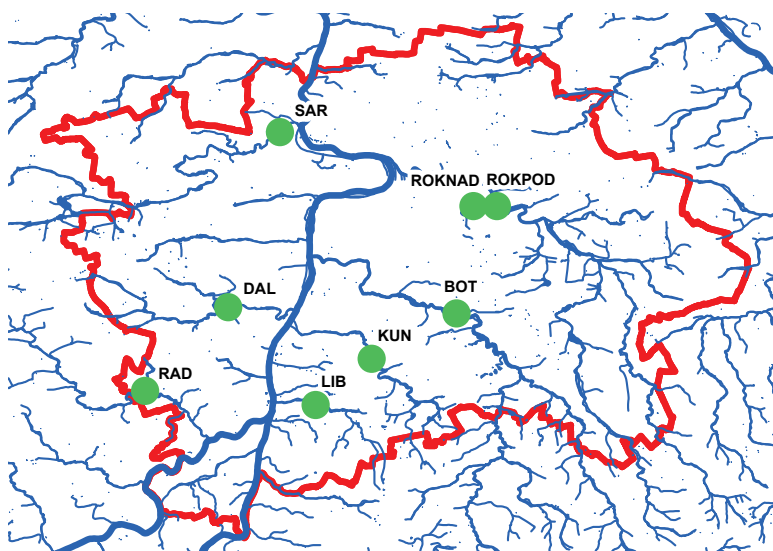
V letech 2017–2018 probíhaly v rámci projektu VODA PRO PRAHU na několika lokalitách pražských potoků experimentální práce. Jejich cílem bylo zlepšení ekologického stavu potoků pomocí zvýšení jejich tvarové členitosti a nabídky stanovišť pro vodní organismy [13]. V rámci projektu byla získána data o fyzikálně-chemických a chemických parametrech, společenstvech bentických bezobratlých, včetně výskytu raků ze sedmi větších potoků v Praze.

Cílem této práce je poskytnout informaci, jež v rámci Prahy dosud chyběla: zpracovat hodnocení ekologického stavu drobných toků analogické s postupy RSV [14, 15]. Zároveň chceme doplnit údaje o kvalitě vody z míst, která nejsou předmětem dlouhodobého monitoringu. V této souvislosti zařazujeme také zjištění o výskytu raků, jejichž ochrana je aktuální a s kvalitou vody úzce souvisí.

## LOKALITY A METODY

### Lokality

Pro výzkum bylo vybráno celkem osm lokalit na sedmi vodních tocích na území hlavního města Prahy. Jejich polohu a základní charakteristiky znázorňuje schématická mapa na obr. 1 a tab. 1.



Obr. 1. Schématické znázornění lokalit drobných vodních toků na území hlavního města Prahy

Vybrané úseky na Botiči, Radotínském, Libušském a Kunratickém potoce lze charakterizovat jako neupravené vodní toky v přírodě blízkém stavu. Jejich okolí je tvořeno lesem nebo extenzivně využívanými zemědělskými plochami se zachovalým břehovým porostem dřevin.

Další čtyři lokality byly vybrány na úsecích toků, kde proběhla v nedávných letech revitalizace koryta. Rokytká nad Hořejším rybníkem a Šárecký potok na Žežulce jsou komplexně revitalizovanými vodními toky. Dalejský potok na místě bývalého klukovického koupaliště byl rozvolněn a získal široké štěrkové koryto. Rokytká pod Hořejším rybníkem má balvany opevněné, zahloubené kapacitní koryto, které však bylo v rámci územních možností rozčleněno kamenivem na peřejnaté úseky. Ve všech případech je okolí revitalizovaných úseků tvořeno přírodní rekreační plochou. Podrobný popis i bohatou obrazovou dokumentaci provedených revitalizací lze nalézt na webových stránkách „Pražská příroda“ [1]. Revitalizační úpravy byly na těchto lokalitách dokončeny dva až čtyři roky před zahájením vzorkování.

In 2017–2018, experimental work took place in several sites of Prague Streams within the “VODA PRO PRAHU” [“WATER FOR PRAGUE”] project. Its aim was to improve the ecological status of the streams by increasing their morphological variability and habitat offer for aquatic organisms [13]. Data were obtained within the project about physicochemical and chemical parameters and about populations of benthic invertebrates including the presence of crayfish in seven larger streams in Prague.

This paper aims at providing information that Prague has lacked to present day: namely at presenting an evaluation of the ecological status of small watercourses by analogy to the WFD procedures [14, 15]. At the same time, our aim has been to complement data about water quality from sites that are not monitored long-term. In this context, findings about the presence of crayfish have also been included since their protection is topical and closely linked to water quality.

## SITES AND METHODS

### Sites

A total of eight sites at seven watercourses in the capital city of Prague were selected for the research. Their location and basic characteristics are presented by a schematic map in Fig. 1 and Tab. 1.

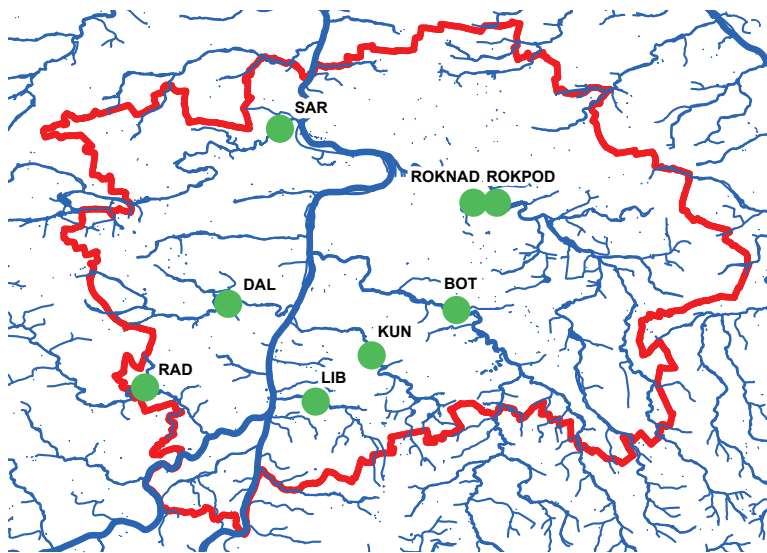


Fig. 1. Schematic depiction of small watercourse sites in the capital city of Prague

Selected sections of Botič, Radotínský, Libušský and Kunratický Streams may be characterised as unaltered and semi-natural watercourses. Forests and extensively used farming land with preserved river bank tree vegetation are in their vicinity.

Other four sites were selected in sections of watercourses where the stream bed has been restored in recent years. Rokytká above Hořejší Pond and Šárecký Stream in the Žežulka settlement are comprehensively restored watercourses. Dalejský Stream in the location of a former Klukovice outdoor swimming pool was irregularly broadened and now has a broad gravel bed. Rokytká below Hořejší Pond has an embedded high-capacity bed reinforced by boulders, which was, as far as the territory allowed, segmented by aggregate into sections with riffles. There are natural recreational areas in the vicinity of all the restored sections. A detailed description and rich picture documentation of the implemented restorations can be found on a website “Pražská příroda” [“Prague Nature”] [1]. Restoration modifications in these sites were completed two to four years before the sampling started.



Tab. 1. Lokalizace a základní charakteristiky odběrových profilů

| Kód lokality | Vodní tok     | Lokalizace                | Úpravy koryta                        | N_WGS84  | E_WGS84  | Nadm. výška [m] | Sklon koryta [‰] | Plocha povodí [km <sup>2</sup> ] | Řád toku (Strahler) | Typ toku* |
|--------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------|----------|----------|-----------------|------------------|----------------------------------|---------------------|-----------|
| SAR          | Šárecký p.    | Žežulka                   | komplexní revitalizace (2013)        | 50,11811 | 14,38052 | 190,7           | 8,7              | 59,0                             | 3                   | 1121      |
| DAL          | Dalejský p.   | pod ústím Prokopského p.  | komplexní revitalizace (2013)        | 50,03953 | 14,36056 | 237,6           | 17,2             | 32,3                             | 3                   | 1221      |
| RAD          | Radotínský p. | nad Mlýnským p. (Zmrzlík) | přírodě blízké koryto                | 49,99918 | 14,31270 | 255,4           | 7,8              | 50,2                             | 3                   | 1221      |
| LIB          | Libušský p.   | nad sportovním areálem    | přírodě blízké koryto                | 50,00378 | 14,42761 | 219,0           | 15,2             | 12,1                             | 3                   | 1211      |
| KUN          | Kunratický p. | u areálu IKEM             | přírodě blízké koryto                | 50,02583 | 14,46204 | 230,8           | 7,7              | 22,4                             | 3                   | 1211      |
| BOT          | Botič         | pod jezem Marcela         | přírodě blízké koryto/<br>renaturace | 50,05022 | 14,51424 | 223,9           | 3,4              | 106,0                            | 4                   | 1212      |
| ROKNAD       | Rokytká       | nad Hořejším rybníkem     | komplexní revitalizace (2015)        | 50,09876 | 14,51926 | 203,5           | 0,7              | 120,0                            | 4                   | 1212      |
| ROKPOD       | Rokytká       | pod Hořejším rybníkem     | částečná revitalizace (2014)         | 50,09983 | 14,52972 | 199,8           | 4,5              | 120,6                            | 4                   | 1112      |

\*) dle vyhlášky č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod

Tab. 1. Location and basic characteristics of the sampling profiles

| Site code | Watercourse       | Location                            | Stream bed modifications             | N_WGS84  | E_WGS84  | Altitude [m] | Stream bed inclination [‰] | Catchment area [km <sup>2</sup> ] | Stream order (Strahler) | Type* |
|-----------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------|
| SAR       | Šárecký Stream    | Žežulka                             | Comprehensive restoration (2013)     | 50.11811 | 14.38052 | 190.7        | 8.7                        | 59.0                              | 3                       | 1121  |
| DAL       | Dalejský Stream   | below the mouth of Prokopský Stream | Comprehensive restoration (2013)     | 50.03953 | 14.36056 | 237.6        | 17.2                       | 32.3                              | 3                       | 1221  |
| RAD       | Radotínský Stream | above Mlýnský Stream (Zmrzlík)      | Semi-natural stream bed              | 49.99918 | 14.31270 | 255.4        | 7.8                        | 50.2                              | 3                       | 1221  |
| LIB       | Libušský Stream   | above the sports facility           | Semi-natural stream bed              | 50.00378 | 14.42761 | 219.0        | 15.2                       | 12.1                              | 3                       | 1211  |
| KUN       | Kunratický Stream | in the IKEM premises                | Semi-natural stream bed              | 50.02583 | 14.46204 | 230.8        | 7.7                        | 22.4                              | 3                       | 1211  |
| BOT       | Botič Stream      | below Marcela Weir                  | Semi-natural stream bed/renaturation | 50.05022 | 14.51424 | 223.9        | 3.4                        | 106.0                             | 4                       | 1212  |
| ROKNAD    | Rokytká           | above Hořejší Pond                  | Comprehensive restoration (2015)     | 50.09876 | 14.51926 | 203.5        | 0.7                        | 120.0                             | 4                       | 1212  |
| ROKPOD    | Rokytká           | below Hořejší Pond                  | Partial restoration (2014)           | 50.09983 | 14.52972 | 199.8        | 4.5                        | 120.6                             | 4                       | 1112  |

\*) Pursuant to Decree No. 49/2011 Coll., on the specification of surface water bodies

## Odběr vzorků kvality vody

Na vybraných lokalitách bylo od května 2017 započato vzorkování chemických ukazatelů (CHSK<sub>Cr</sub>, BSK<sub>5</sub>, NL<sub>105r</sub> formy dusíku a fosforu, obsah vápníku, hořčíku, síranů a chloridů) a měření fyzikálně-chemických ukazatelů kvality vody (teplota vody, elektrická konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku a pH). Monitoring byl prováděn v měsíčním intervalu po dobu jednoho roku, tedy do dubna 2018. Vzorky vody byly analyzovány ve Zkušební laboratoři technologií a složek životního prostředí VÚVTGM. Měření fyzikálně-chemických parametrů bylo provedeno přímo na lokalitách měřicím přístrojem HACH HQ40d multi. Výjimkou byla lokalita na Libušském potoce, jež je téměř shodná s umístěním profilu dlouhodobého monitoringu kvality vody zajišťovaného HMP, a v rámci projektu nebylo efektivní vzorkovat a hodnotit stejný profil. Vzorky z tohoto odběrového místa byly proto odebrány jenom třikrát ve sledovaném období (5/2017, 10/2017, 4/2018). Na Rokytkce byly vzorky vody odebrány pouze na profilu Rokytkka nad Hořejším rybníkem, který je reprezentativní i pro níže položenou lokalitu Rokytkka pod Hořejším rybníkem. Mezi oběma profily se na toku Rokytky nevyskytují žádné významné vlivy, Hořejší rybník je napájen bočním kanálem se zanedbatelným průtokem. Pro vyhodnocení chemických a fyzikálně-chemických parametrů byla použita Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích [15]. Pro upřesnění je třeba poznamenat, že Libušský potok by uvedenou metodou neměl být hodnocen z důvodu nízkého počtu pouze tří odebraných vzorků. V metodice hodnocení [15] je doporučeno používat roční datovou sadu s 12 údaji. V případě, že je monitorovaných dat méně, neměl by jejich počet být nižší než 6 a data by měla reprezentovat celoroční cyklus sledování.

## Odběr vzorků makrozoobentosu

Makrozoobentos byl vzorkován českou národní metodou Perla [16, 17] v období 2.–11. května 2017. Odběr probíhal s použitím ruční bentosové sítě s velikostí ok 0,5 mm po dobu tří minut proporcionálně z vyskytujících se habitatů. Všechny odebrané vzorky byly fixovány v 4% formaldehydu a převezeny do laboratoře ke zpracování. Jednotlivé taxony vytríděné ze vzorků byly následně determinovány na co nejnižší možnou determinační úroveň. Při odběru vzorku byl zaznamenán základní hydromorfologický popis jednotlivých lokalit podle standardního odběrového protokolu [18]. Vyhodnocení společenstev makrozoobentosu bylo provedeno na základě metodiky pro hodnocení ekologického stavu povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentos [14] s využitím modulu Riverchange, který je nastavbou hodnotícího systému IS ARROW. V rozporu s metodikou, jež pro celkové posouzení ekologického stavu požaduje hodnocení vzorku z jarní i z podzimní sezony, bylo provedeno pouze hodnocení jarního vzorku makrozoobentosu. Výsledné zařazení do tříd ekologického stavu je tedy nutné brát jen jako orientační.

## Astakologický průzkum

Protože z území Prahy nebyly známy ucelené recentní informace o výskytu raků, jako součást výzkumu vodních bezobratlých proběhl též astakologický průzkum. Byl uskutečněn na začátku května 2017 na Šáreckém potoce, Říčanském potoce, Rokytkce, Dalejském potoce a na Radotínském potoce. V případě mělčích potoků byly jejich úseky prohledávány ručně v místě potenciálních úkrytů. Vhodné úkryty raků jsou pod kameny, mrtvým dřevem, kořeny stromů a v norách v březích. Ve zkoumaných úsecích bylo prohledáno pokud možno 100 jednotlivých úkrytů. Pokud se na vodním toku nacházely hlubší partie, které nešlo prohledávat ručně, byly zde položeny vrše s návnadou (játra), jež byly na lokalitách ponechány přes noc. Bližší popis použitých metod, charakteristik a rozsahu sledovaných úseků je uveden u každé lokality při popisu výsledků.

## Water quality sampling

In May 2017, sampling of chemical indicators (COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>5</sub>, SS<sub>105r</sub>, nitrogen and phosphorus forms, calcium, magnesium, sulphate and chloride content) started in selected sites together with the measurement of physicochemical water quality indicators (water temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen content and pH). Monitoring took place in monthly intervals for one year, i.e., until April 2018. Water samples were analysed in the TGM WRI Testing Laboratory of Technologies and Environment Components. Physicochemical parameters were measured directly in the sites by a measuring device HACH HQ40d multi. The Libušský Stream site was an exception because its location was almost identical to the location of the long-term water quality monitoring profile where measurement is done by the capital city of Prague and it was therefore not efficient to sample and evaluate the same profile. Samples from this sampling site were thus taken only three times over the monitoring period (5/2017, 10/2017 and 4/2018). Water samples from Rokytkka were taken only in the Rokytkka profile above Hořejší Pond, which is representative also for the lower site of Rokytkka below Hořejší Pond. There are no important influences between both Rokytkka profiles since Hořejší Pond is fed by a side channel with a negligible discharge. The Methodology for Evaluating General Physicochemical Quality Elements of the Ecological Status of Running Surface Water [15] was used to evaluate both chemical and physicochemical parameters. For the sake of clarity, it must be noted that Libušský Stream should not be evaluated by the above method due to the low number of only three taken samples. The evaluation methodology [15] recommends to use an annual dataset containing 12 data. If there are fewer monitored data, their number should not be lower than 6 and the data should represent the year-long monitoring cycle.

## Macroinvertebrates sampling

Macroinvertebrates was sampled by the "Perla" Czech national method [16, 17] between 2<sup>nd</sup> and 11<sup>th</sup> May 2017. A manual benthos net with 0.5 mm mesh size was used for the sampling that was done for three minutes proportionally from the occurring habitats. All taken samples were fixed by 4% formaldehyde and taken to a laboratory for processing. Individual taxons separated from the samples were subsequently determined up to the lowest possible determination level. When samples were taken, a basic hydromorphological description of the individual sites was made pursuant to a standard sampling protocol [18]. Macroinvertebrates populations were evaluated on the basis of a methodology for evaluating the ecological status of running surface water by means of the macroinvertebrates biological quality elements [14] using the Riverchange module, which is an extension of the IS ARROW evaluation system. Contrary to the methodology, which requires an evaluation of samples from both the spring and autumn seasons for an overall assessment of the ecological status, only the spring macroinvertebrates sample was evaluated. The resulting classification into ecological status classes must therefore be regarded only as approximate.

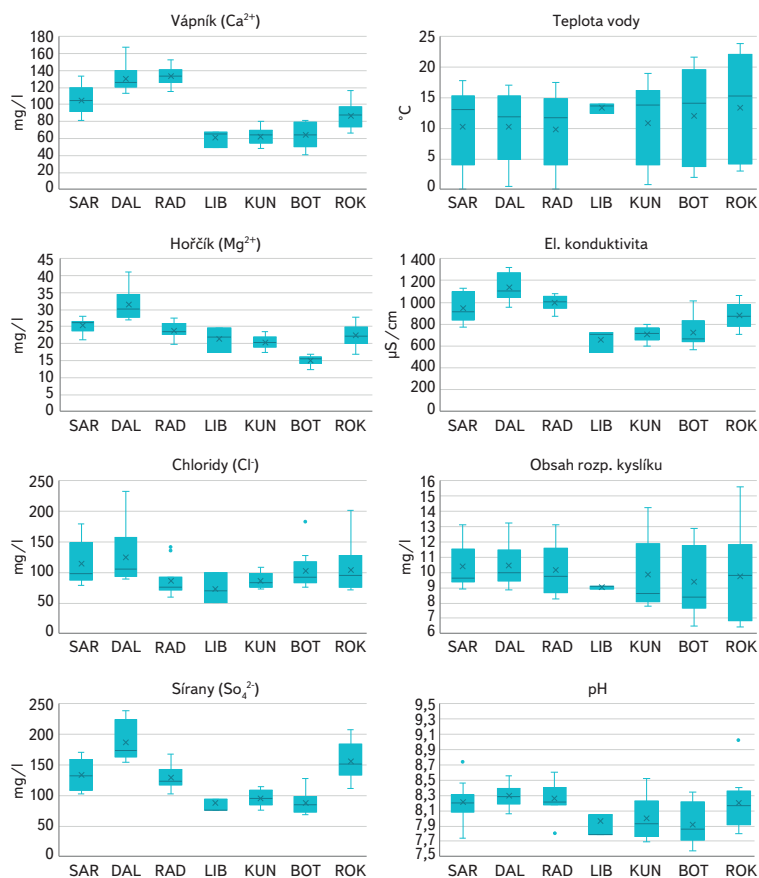
## Astacological research

Since no comprehensive recent information about the presence of crayfish in Prague was available, astacological research was carried out as part of the research of aquatic invertebrates. It took place at the beginning of May 2017 in Šárecký, Říčanský, Rokytkka, Dalejský and Radotínský Streams. Potential hiding places in sections of shallow streams were searched manually. Suitable crayfish hiding places include places underneath stones, dead wood, tree roots and dens in riverbanks. A total of 100 individual hiding places were searched in the respective sections if possible. When the watercourses had deeper parts

# VÝSLEDKY

## Chemická a fyzikálně-chemická kvalita vody

Souhrnné výsledky jednotlivých ukazatelů chemických a fyzikálně-chemických parametrů pro sledované lokality zobrazují grafy na obr. 2 a obr. 3.



Obr. 2. Chemické a fyzikálně-chemické parametry kvality vody na vzorkovaných lokalitách v období 5/2017 až 4/2018. Kódy lokalit jsou popsány v tab. 1. Krabicový diagram znázorňuje medián, průměr (křížek), 1–3 kvartil (krabička), maxima a minima (vousy), odlehlé hodnoty jsou zobrazeny samostatnými kolečky

Dalejský a Radotínský potok, jejichž povodí leží v Barrandienu, se vyznačovaly vyšším obsahem vápenatých a hořečnatých iontů, což se projevuje též vyšším pH a elektrickou vodivostí. V těchto ukazatelích má podobnou charakteristiku též Šárecký potok, který odvodňuje v horní části svého povodí zásadité jílovcové a prachovcové vrstvy.

Na Rokytkce a Botiči přesahovala letní maxima teplot vody hodnotu 20 °C, což bylo výrazně více než v ostatních potocích. Důvodem je pravděpodobně odtok ohřáté vody z epilimnia velkých nádrží, jež se nacházejí nad oběma sledovanými profily (Kyjský rybník na Rokytkce, nádrž Hostivař na Botiči).

Znepokojivé jsou extrémně vysoké koncentrace celkového fosforu na Radotínském potoce s maximy kolem 2 mg/l, jehož naprostá většina byla tvořena fosforečnanovým fosforem. Rovněž v koncentracích celkového, dusičnanového a amoniakálního dusíku hodnoty na Radotínském potoce několikrát přesahovaly koncentrace zjištěné na ostatních potocích.

Standardizovaný pohled na hodnoty chemických a fyzikálně-chemických parametrů kvality vody poskytuje vyhodnocení do tříd ekologického stavu [15], které se používá pro hodnocení vodních útvarů v procesu plánování pro

that could not be searched manually, coops were placed there with bait (liver) and left in the sites overnight. A more detailed description of applied methods, characteristics and scope of the monitored sections is made when the results are presented for each site.

## RESULTS

### Chemical and physicochemical water quality

Overall results of the individual indicators of chemical and physicochemical parameters regarding the monitored sites are presented by charts in Fig. 2 and Fig. 3.

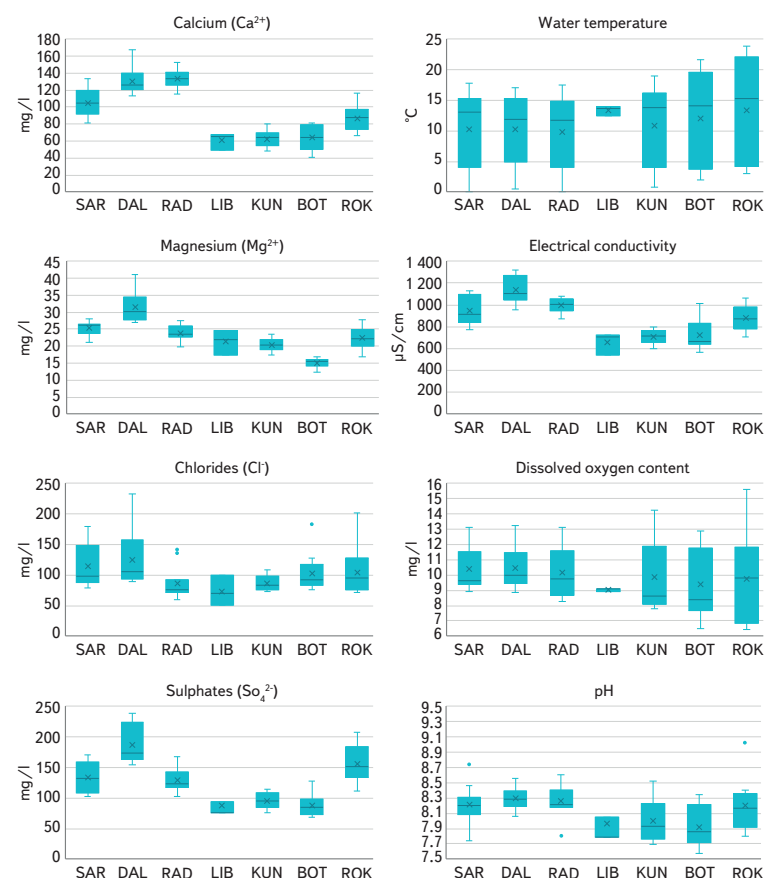
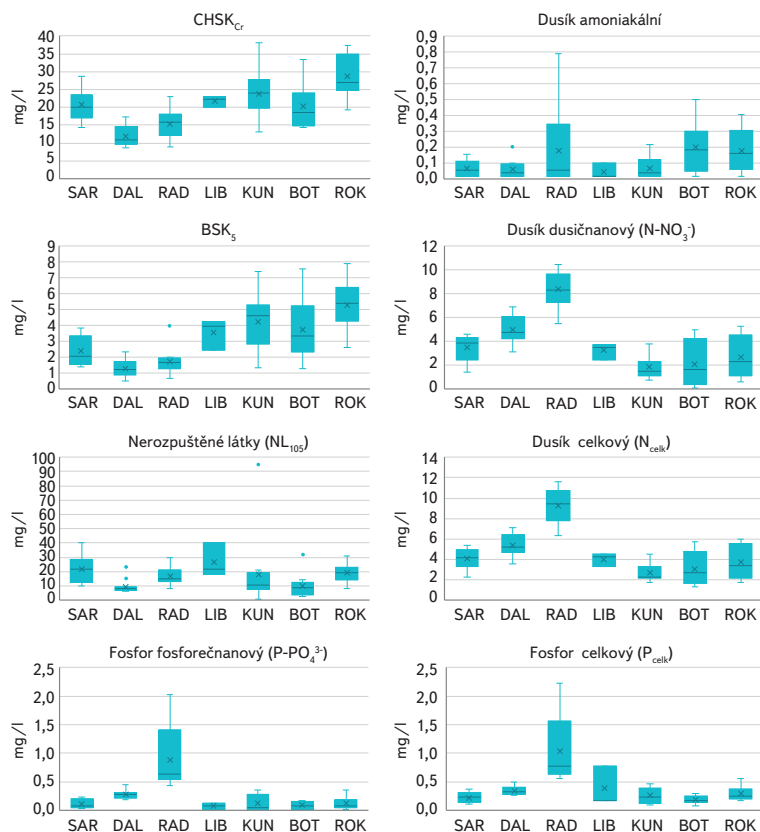


Fig. 2. Chemical and physicochemical water quality parameters in sampling sites between 5/2017 and 4/2018. Site codes are described in Tab. 1. The box diagram presents the median, average (cross), 1<sup>st</sup> to 3<sup>rd</sup> quartile (box) and maximums and minimums (whiskers); distant values are presented by separate circles.

Dalejský and Radotínský Streams, whose basin lies in the Barrandienne, had a higher calcium and magnesium ion content, which is also manifested by a higher pH and electrical conductivity. Šárecký Stream, which drains alkaline clay and siltstone layers in the upper part of its basin, has similar characteristics.

The maximum summer water temperatures of Rokytkka and Botič exceeded 20°C, which was significantly more than of the other streams. The reason for that is presumably the outflow of warmed water from the epilimnion of large water reservoirs that are located above both monitored profiles (Kyjský Pond at Rokytkka and Hostivař Dam at Botič).

Extremely high concentrations of total phosphorus in Radotínský Stream with maximum values around 2 mg/l are disconcerting. A vast majority of the



Obr. 3. Chemické a fyzikálně-chemické parametry kvality vody na vzorkovaných lokalitách v období 5/2017 až 4/2018. Kódy lokalit jsou popsány v tab. 1. Krabicový diagram znázorňuje medián, průměr (křížek), 1–3 kvartil (krabička), maxima a minima (vousy), odlehlé hodnoty jsou zobrazeny samostatnými kolečky

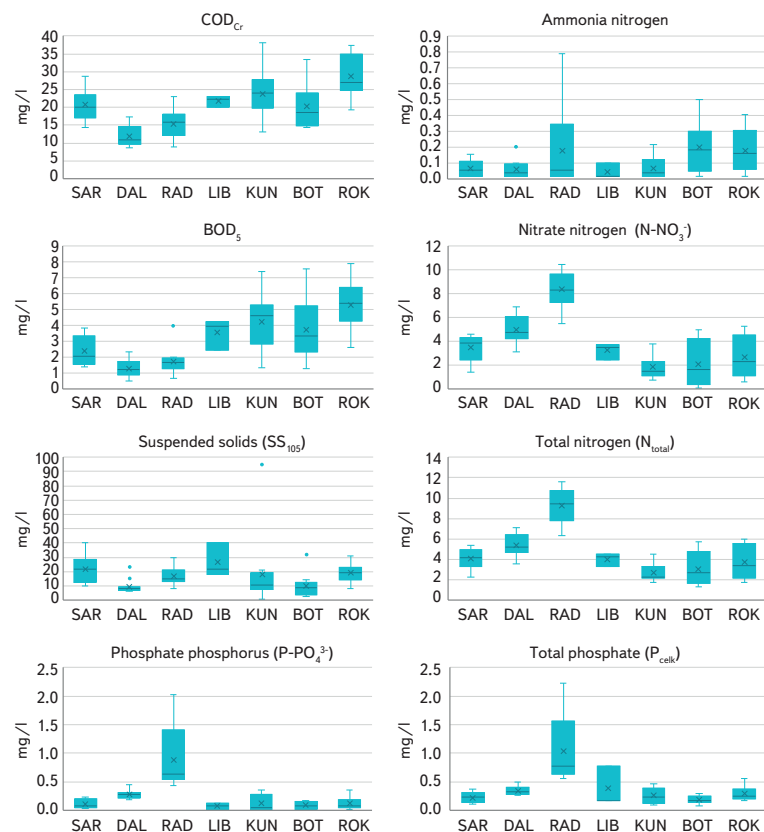


Fig. 3. Chemical and physicochemical water quality parameters in sampling sites between 5/2017 and 4/2018. Site codes are described in Tab. 1. The box diagram presents the median, average (cross), 1<sup>st</sup> to 3<sup>rd</sup> quartile (box) and maximums and minimums (whiskers); distant values are presented by separate circles.

potřeby RSV [8]. Pro jednotlivé parametry jsou stanoveny limitní hodnoty, jež jsou specifické podle typu vodního toku. Typ vodního toku je určen podle Typologického členění vod v České republice [19, 20]. Limity zařazují hodnoty do tří kategorií ekologického stavu: velmi dobrý (modrá), dobrý (zelená), střední a horší (žlutá). Pro výsledné zatřídění se používá nejhorší výsledek ze skupiny hodnocených parametrů. Velmi dobrý stav odpovídá podmínkám v neovlivněných vodních tocích. Dobrý stav je považován za mírnou odchylku od přirozeného stavu a je cílovým stavem v procesu zlepšování znečištěných vodních toků. Hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek má jen funkci podpůrnou k biologickým složkám. Tam, kde monitoring biologických složek kvality chybí, se však pro hodnocení ekologického stavu vodních útvarů používá i samostatně.

Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů sledovaných lokalit podle výše uvedené metody je zobrazeno v tab. 2. V celkovém hodnocení byly všechny lokality zatříděny do středního a horšího stavu. Nejhorší výsledky přineslo vyhodnocení celkového a fosforečnanového fosforu, kde byly všechny lokality zařazeny do kategorie středního a horšího stavu. Z živinových parametrů na čtyřech potocích nevyhovoval obsah dusičnanového dusíku, a to zejména v charakteristické hodnotě mediánu (RAD, DAL, SAR, LIB). Ve čtyřech případech byl překročen limit dobrého stavu pro BSK<sub>5</sub>, které je měřítkem obsahu dostupného uhlíku. V pěti případech sledované potoky nespĺnily limit pro teplotu vody, v případě Botiče a Rokytky dokonce jak v mediánových, tak i maximálních hodnotách. Poměrně lépe vycházelo hodnocení pro koncentrace amoniakálního dusíku, pH a nasycení kyslíkem.

concentrations were due to phosphate phosphorus. Concentrations of total, nitrate and ammonia nitrogen in Radotínský Stream also exceeded values established in the other streams severalfold.

An evaluation into ecological status classes [15] provides a standardised perspective on the values of chemical and physicochemical water quality parameters. For the purposes of the Water Framework Directive [8] it is used to evaluate water bodies in the planning process. Limit values are set for individual parameters, which are specific according to the type of water body. The type of water body is determined according to the typological classification of water in the Czech Republic [19, 20]. Limits classify the values into three ecological status categories: high (blue), good (green), moderate and worse (yellow). The worst result from a group of evaluated parameters is used for the resulting classification. A high status corresponds to conditions in unaffected watercourses. Good status is regarded as a minor deviation from natural status and it is a target status in the process of improving polluted watercourses. An evaluation of general physicochemical quality elements plays only an auxiliary function with regard to biological quality elements. However, where monitoring of biological quality elements is absent, it is used for the evaluation of the ecological status of water bodies also independently.

An evaluation of physicochemical parameters of the monitored sites according to the above method is presented in Tab. 2. In the overall evaluation all the sites were classified as moderate and worse status. An evaluation of total and phosphate phosphorus yielded the worst results and all the sites were classified as moderate and worse status. As for nutrient parameters, the content of nitrate nitrogen was unsatisfactory in four streams, especially in the typical median value (RAD, DAL, SAR and LIB). The BOD<sub>5</sub> limit of good status, which is

Tab. 2. Vyhodnocení chemických a fyzikálně-chemických parametrů kvality vody podle standardní metodiky používané pro hodnocení vodních útvarů [15]. Charakteristické hodnoty zjištěné na jednotlivých profilech jsou barevně odlišeny podle tříd ekologického stavu: modrá – velmi dobrý, zelená – dobrý, žlutá – střední a horší stav

| Kód lokality | Charakteristická hodnota | BSK <sub>5</sub> [mg/l] | N <sub>amon.</sub> [mg/l] | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l] | P <sub>celk.</sub> [mg/l] | P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/l] | Teplota vody [°C] | pH  | O <sub>2</sub> nasycení [%] |
|--------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--|-------------------|-----|-----------------------------|
| SAR          | maximum                  |                         |                           | 4,6                                   |                           |  | 17,8              | 8,7 | 96                          |
|              | medián                   | 2,1                     | 0,06                      | 3,9                                   | 0,228                     | 0,081                                  | 13,1              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,7 | 90                          |
| DAL          | maximum                  |                         |                           | 6,9                                   |                           |  | 17,1              | 8,6 | 99                          |
|              | medián                   | 1,2                     | 0,04                      | 4,7                                   | 0,329                     | 0,288                                  | 11,9              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 8,1 | 91                          |
| RAD          | maximum                  |                         |                           | 10,5                                  |                           |  | 17,5              | 8,6 | 104                         |
|              | medián                   | 1,7                     | 0,06                      | 8,4                                   | 0,775                     | 0,632                                  | 11,8              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,8 | 83                          |
| LIB          | maximum                  |                         |                           | 3,8                                   |                           |  | 13,9              | 8,1 | 94                          |
|              | medián                   | 4,0                     | 0,02                      | 3,5                                   | 0,192                     | 0,084                                  | 13,7              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,8 | 85                          |
| KUN          | maximum                  |                         |                           | 3,8                                   |                           |  | 19,0              | 8,5 | 103                         |
|              | medián                   | 4,6                     | 0,04                      | 1,5                                   | 0,236                     | 0,051                                  | 13,9              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,7 | 80                          |
| BOT          | maximum                  |                         |                           | 5,0                                   |                           |  | 21,6              | 8,3 | 96                          |
|              | medián                   | 3,4                     | 0,18                      | 1,7                                   | 0,174                     | 0,087                                  | 14,1              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,6 | 74                          |
| ROK          | maximum                  |                         |                           | 5,3                                   |                           |  | 23,8              | 9,0 | 120                         |
|              | medián                   | 5,4                     | 0,16                      | 2,3                                   | 0,243                     | 0,081                                  | 15,4              |     |                             |
|              | minimum                  |                         |                           |                                       |                           |  |                   | 7,8 | 67                          |

## Hydromorfologická charakteristika lokalit

Dno většiny sledovaných vodních toků (SAR, DAL, RAD, KUN, LIB) tvořil převážně hrubý a jemný štěrky s malým podílem kamenů, případně balvanů (tab. 3). Balvany a kameny dominovaly v zastoupení dnových substrátů na Botiči a pocházely pravděpodobně z rozpadlého břehového záhozu. Podobný podíl velkého kameniva byl zaznamenán na Rokytce pod Hořejším rybníkem, kde šlo o materiál použitý pro stabilizaci a rozčlenění koryta při provedené „městské“ revitalizaci zkapacitněného vodního toku. Úplně odlišné bylo dno komplexně revitalizované Rokytky nad Hořejším rybníkem, které bylo vytvořeno ve zcela nové meandrující trase v jílovité nivní půdě. Kompaktní jílovité dno zde doplňoval jen ojedinělý výskyt kamenů nebo štěrku. Na všech lokalitách převažovaly úseky proudící vody, tůň s klidnou vodou zaujímaly jen menší část plochy koryta. Na revitalizovaných úsecích Rokytky, Dalejského i Šareckého potoka tůň dokonce zcela chyběla. Na jednotlivých lokalitách dosahovaly maximální hloubky v proudnici 20 až 100 cm, střední hloubky se pohybovaly v rozsahu 10 až 40 cm. Střední šířka toku v hladině byla odhadována v rozmezí 2–6 metrů.

a measure for available carbon content, was exceeded in four cases. The water temperature limit was not met by five of the monitored streams; in the case of Botič and Rokytka even both in median and maximum values. An evaluation of the concentrations of ammonia nitrogen, pH and oxygen saturation yielded relatively better results.

## Hydromorphological characteristics of the sites

The bottom of a majority of the monitored watercourses (SAR, DAL, RAD, KUN and LIB) was made of predominantly coarse and fine gravel with a small share of stones and boulders (Tab. 3). Boulders and stones dominated as a bottom substrate in Botič and likely came from a disintegrated bank reinforcement. A similarly big share of large aggregate was established in Rokytka below Hořejší Pond where this material had been used for stabilising and segmenting the stream bed during the implemented “urban” restoration that involved increasing the stream capacity. The bottom of the comprehensively restored Rokytka

Tab. 2. Evaluation of chemical and physicochemical water quality parameters pursuant to a standard methodology used for evaluating watercourses [15]. Typical values established in the individual profiles are colour-coded according to ecological status classes: blue – high, green – good, yellow – moderate and worse status

| Site code | Typical value | BOD <sub>5</sub> [mg/l] | N <sub>ammonia</sub> [mg/l] | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l] | P <sub>total</sub> [mg/l] | P- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/l] | Water temperature [°C] | pH  | O <sub>2</sub> saturation [%] |
|-----------|---------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---|------------------------|-----|-------------------------------|
| SAR       | maximum       |                         |                             | 4.6                                   |                           |   | 17.8                   | 8.7 | 96                            |
|           | median        | 2.1                     | 0.06                        | 3.9                                   | 0.228                     | 0.081                                   | 13.1                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.7 | 90                            |
| DAL       | maximum       |                         |                             | 6.9                                   |                           |   | 17.1                   | 8.6 | 99                            |
|           | median        | 1.2                     | 0.04                        | 4.7                                   | 0.329                     | 0.288                                   | 11.9                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 8.1 | 91                            |
| RAD       | maximum       |                         |                             | 10.5                                  |                           |   | 17.5                   | 8.6 | 104                           |
|           | median        | 1.7                     | 0.06                        | 8.4                                   | 0.775                     | 0.632                                   | 11.8                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.8 | 83                            |
| LIB       | maximum       |                         |                             | 3.8                                   |                           |   | 13.9                   | 8.1 | 94                            |
|           | median        | 4.0                     | 0.02                        | 3.5                                   | 0.192                     | 0.084                                   | 13.7                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.8 | 85                            |
| KUN       | maximum       |                         |                             | 3.8                                   |                           |   | 19.0                   | 8.5 | 103                           |
|           | median        | 4.6                     | 0.04                        | 1.5                                   | 0.236                     | 0.051                                   | 13.9                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.7 | 80                            |
| BOT       | maximum       |                         |                             | 5.0                                   |                           |   | 21.6                   | 8.3 | 96                            |
|           | median        | 3.4                     | 0.18                        | 1.7                                   | 0.174                     | 0.087                                   | 14.1                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.6 | 74                            |
| ROK       | maximum       |                         |                             | 5.3                                   |                           |   | 23.8                   | 9.0 | 120                           |
|           | median        | 5.4                     | 0.16                        | 2.3                                   | 0.243                     | 0.081                                   | 15.4                   |     |                               |
|           | minimum       |                         |                             |                                       |                           |   |                        | 7.8 | 67                            |

## Makrozoobentos

Hodnocení odebraných vzorků z jednotlivých lokalit shrnuje *tab. 4*. Nejvyšší početnost byla zaznamenána ve vzorku z Šáreckého potoka, jenž obsahoval přes 13 000 jedinců. Naopak početnost na Rokytkce nad Hořejším rybníkem a na Botiči byla přibližně třetinová. Na ostatních lokalitách se početnosti pohybovaly kolem 7–9 tisíc jedinců.

Ve vzorcích byly zjištěny běžně rozšířené taxony vodních bezobratlých. Druhově nejbohatší byl vzorek z Radotínského potoka s celkem 60 určenými taxony. Naopak nejchudší byl vzorek z Libušského potoka, kde se vyskytovalo jen 31 taxonů. Na ostatních lokalitách bylo určeno mezi 46–54 taxony. Počet zjištěných čeledí koreloval s počtem taxonů, nejvíce bylo zjištěno 33 čeledí na Radotínském potoce a nejméně 17 čeledí na Libušském potoce. Zjištěné početnosti a druhovou bohatost odráží Margalefův index diverzity. Tento index je podílem počtu zjištěných taxonů a logaritmu celkového počtu jedinců ve vzorku.

above Hořejší Pond was completely different and was created in a completely new meandering course in clay alluvial soil. A compact clay bottom was supplemented with only rarely present stones and gravel. Sections of running water were predominant in all sites whereas pools with calm water formed only a smaller area of the stream bed. Pools were even completely absent in the restored sections of Rokytkka, Dalejský and Šárecký Streams. In the individual sites, their maximum depth in the streamline was 20 to 100 cm and mean depths ranged between 10 and 40 cm. Mean width of the watercourses at water level was estimated at 2 to 6 metres.

## Macroinvertebrates

The evaluation of samples taken from the individual sites is summarised in *Tab. 4*. The highest quantity was established in a sample from Šárecký Stream,

Tab. 3. Základní hydromorfologické charakteristiky sledovaných lokalit

| kód lokality | podíl peřejí [%] | podíl tůní [%] | Pokryvnost dnových substrátů [%] |                  |                      |                     |                |               |     | Hloubka toku [cm] |      |         | Šířka toku v hladině [m] |      |         |
|--------------|------------------|----------------|----------------------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------|-----|-------------------|------|---------|--------------------------|------|---------|
|              |                  |                | balvany >256 mm                  | kameny 64–256 mm | hrubý štěrk 16–64 mm | jemný štěrk 2–16 mm | písek 0,1–2 mm | bahno <0,1 mm | jíl | min.              | max. | střední | min.                     | max. | střední |
| SAR          | 50               | 0              | 5                                | 5                | 50                   | 30                  | 10             | 0             | 0   | 10                | 25   | 15      | 2                        | 4    | 3       |
| DAL          | 35               | 0              | 0                                | 20               | 75                   | 5                   | 0              | 0             | 0   | 5                 | 20   | 10      | 3                        | 5,5  | 4       |
| RAD          | 50               | 10             | 0                                | 5                | 50                   | 30                  | 10             | 5             | 0   | 10                | 60   | 20      | 1,5                      | 4    | 3       |
| LIB          | 60               | 20             | 0                                | 15               | 60                   | 10                  | 15             | 0             | 0   | 5                 | 65   | 25      | 2                        | 6    | 3       |
| KUN          | 30               | 30             | 5                                | 15               | 25                   | 45                  | 5              | 5             | 0   | 5                 | 70   | 25      | 2                        | 4    | 2       |
| BOT          | 70               | 5              | 40                               | 30               | 20                   | 10                  | 0              | 0             | 0   | 25                | 100  | 40      | 4                        | 6    | 5       |
| ROKNAD       | 50               | 0              | 0                                | 2                | 5                    | 0                   | 0              | 0             | 93  | 25                | 50   | 40      | 2,5                      | 5    | 3,5     |
| ROKPOD       | 35               | 0              | 30                               | 35               | 10                   | 5                   | 15             | 0             | 5   | 15                | 70   | 25      | 5                        | 6    | 6       |

Tab. 3. Basic hydromorphological characteristics of the monitored sites

| Site code | Ratio of riffles [%] | Ratio of pools [%] | Covering capacity of stream bed substrates [%] |                  |                        |                     |               |             |      | Water depth [cm] |      |      | Watercourse width at water level [m] |      |      |
|-----------|----------------------|--------------------|--|------------------|------------------------|---------------------|---------------|-------------|------|------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|
|           |                      |                    | Boulders >256 mm                               | Stones 64–256 mm | Coarse gravel 16–64 mm | Fine gravel 2–16 mm | Sand 0.1–2 mm | Mud <0.1 mm | Clay | Min.             | Max. | Mean | Min.                                 | Max. | Mean |
| SAR       | 50                   | 0                  | 5  | 5                | 50                     | 30                  | 10            | 0           | 0    | 10               | 25   | 15   | 2                                    | 4    | 3    |
| DAL       | 35                   | 0                  | 0  | 20               | 75                     | 5                   | 0             | 0           | 0    | 5                | 20   | 10   | 3                                    | 5.5  | 4    |
| RAD       | 50                   | 10                 | 0  | 5                | 50                     | 30                  | 10            | 5           | 0    | 10               | 60   | 20   | 1.5                                  | 4    | 3    |
| LIB       | 60                   | 20                 | 0  | 15               | 60                     | 10                  | 15            | 0           | 0    | 5                | 65   | 25   | 2                                    | 6    | 3    |
| KUN       | 30                   | 30                 | 5  | 15               | 25                     | 45                  | 5             | 5           | 0    | 5                | 70   | 25   | 2                                    | 4    | 2    |
| BOT       | 70                   | 5                  | 40   | 30               | 20                     | 10                  | 0             | 0           | 0    | 25               | 100  | 40   | 4                                    | 6    | 5    |
| ROKNAD    | 50                   | 0                  | 0  | 2                | 5                      | 0                   | 0             | 0           | 93   | 25               | 50   | 40   | 2.5                                  | 5    | 3.5  |
| ROKPOD    | 35                   | 0                  | 30   | 35               | 10                     | 5                   | 15            | 0           | 5    | 15               | 70   | 25   | 5                                    | 6    | 6    |





Vyšší hodnota indexu tedy značí vyšší diverzitu společenstva [14]. Nejvyšších hodnot dosahoval na Radotínském potoce a Rokytkce nad Hořejším rybníkem, naopak nejnižší hodnota vychází pro společenstvo Libušského potoka.

Barevná část *tab. 4* zobrazuje hodnoty EQR (ecological quality ratio) jednotlivých metrik společenstva makrozoobentosu. Ty nabývají hodnoty od 0 do 1 a s různou vahou (v závislosti na typu) vstupují do výpočtu výsledného multimetrického indexu makrozoobentosu. Jeho hodnota je rozdělena do pěti tříd ekologického stavu (velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený, zničený). Pro přehlednost jsou barvami označujícími třídu ekologického stavu znázorněny i hodnoty EQR jednotlivých metrik.

Všechny sledované lokality dosahují v multimetrickém indexu pouze poškozeného nebo středního stavu. Šárecký potok, Rokytkka pod Hořejším rybníkem, Radotínský a Libušský potok spadají na základě společenstva makrozoobentosu do středního ekologického stavu. Dalejský potok, Kunratický potok, Rokytkka nad Hořejším rybníkem a Botič jsou zařazeny do poškozeného ekologického stavu. Souhrnně lze říci, že hodnota EQR se na všech lokalitách pohybuje kolem hranice poškozeného a středního stavu (0,4), přičemž žádná z lokalit se neblíží hranici žádoucího dobrého stavu (EQR > 0,6). Podle hodnot EQR Saprobniho indexu je zřejmé, že všechny sledované toky trpí vysokou zátěží organickými látkami, což dokládá i nízká abundance EPT skupin makrozoobentosu (jepice, pošvatky a chrostíci).

Zajímavým výsledkem je horší ekologický stav lokality Rokytkka nad Hořejším rybníkem než pod ní a než na Šáreckém potoce i přes to, že provedená revitalizace je ve srovnání s nimi nejvíce přírodě blízká.

## Astakologický průzkum

Šárecký potok byl prozkoumán od Nebušického potoka po soutok s Vltavou. Úseky byly nejdříve prohledávány ručně v místě potenciálních úkrytů. Přestože byl zaznamenán dostatek vhodných úkrytů, žádní raci nalezeni nebyli. V hlubších partiích koryta, které nebylo možné prohledávat ručně, byly položeny vrše s návnadou a ty byly na lokalitách ponechány přes noc. Ani metodou vrší však žádní raci nebyli nalezeni.

Průzkum Říčanského potoka byl prováděn pod obcí Dubeč od parku Panská zahrada po proudu směrem k Litožnickým rybníkům. Ruční metodou hledání v úkrytech nebyli v tomto úseku žádní raci nalezeni. Stejným způsobem byl proveden průzkum břehových partií rybníka V Rohožníku v Dubči. Ani zde nebyli raci nalezeni. Průzkum byl ovšem prováděn jen v denní dobu, kdy pohyb raků mimo úkryt potlačuje bohatá rybí obsádka.

Astakologický průzkum na Rokytkce byl proveden v okolí lávky přes Rokytku, v dolní části Hořejšího rybníka. Při ručním průzkumu úkrytů nebyli nalezeni žádní raci. Úkryty zde ale nejsou pro raky příliš vhodné. V úseku je dno sice kamenité, kameny jsou však často pevně usazené ve dně nebo volně ložené v břehových partiích s jemným bahnitým sedimentem.

Radotínský potok je znám jako lokalita výskytu raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*), jenž je zařazen mezi prioritní druhy soustavy Natura 2000 a patří mezi kriticky ohrožené druhy podle přílohy III. vyhlášky č. 395/1992 Sb. [21]. Průzkum byl proveden 9. června 2017, prohledány byly úkryty na trvalé monitorovací ploše (Natura 2000) pod jezem u přítoku Zmrzlík. V tomto úseku nebyl žádný rak nalezen, proto průzkum pokračoval i výše nad jezem. Ani zde nebyl nalezen žádný jedinec raka. Při průzkumu byla voda v toku nepřírodně černě zakalená a místy pokrytá pěnou. Průzkum byl proveden ještě na další trvalé monitorovací ploše nad obcí Choteč, rovněž bez nálezu. Dno Radotínského potoka tu bylo pokryté jemným černým sedimentem, který pokrýval všechny úkryty, včetně prázdných nor, jež v tomto úseku často sloužily rakům jako úkryty.

Průzkum Dalejského potoka se uskutečnil od Holyně až pod Řeporyje. Potok má v tomto úseku charakter přírodního toku s velkým množstvím úkrytů pod kameny, mrtvým dřevem, pařezy a kořeny v břehových partiích.

which contained over 13,000 specimens. On the contrary, Rokytkka above Hořejší Pond and Botič only had approximately one third of that quantity. Quantities in the other sites ranged between 7 and 9,000 specimens.

Widespread taxa of aquatic invertebrates were established in the samples. A sample from Radotínský Stream was the richest in species, containing 60 taxa. On the contrary, the poorest sample was from Libušský Stream where only 31 taxa were present. Between 46 and 54 taxa were determined in the remaining sites. The number of established families correlated with the number of taxa: the highest number of families (33) was established in Radotínský Stream and the lowest (17) in Libušský Stream. The established abundance and richness in species are reflected by the Margalef diversity index. This index is a ratio of the number of established taxa and a logarithm of the overall number of specimens in a sample. The higher the index, the higher the diversity of a population [14]. This index reached its highest values in Radotínský Stream and Rokytkka above Hořejší Pond, whilst the Libušský Stream population had the lowest value.

The colour part of *Tab. 4* presents EQR (Ecological Quality Ratio) values of the individual metrics of the macroinvertebrates population. The values range between 0 and 1 and have different weights (depending on the type) in a calculation of the final multi-metric macroinvertebrates index. Its value is segmented into five ecological status classes (high, good, moderate, poor and bad). For the sake of clarity, the colours used for coding the ecological status classes are also used to present the EQR values of the individual metrics.

All the monitored sites reach only poor or moderate status in the multi-metric index. Based on the macroinvertebrates population, Šárecký Stream, Rokytkka below Hořejší Pond, Radotínský and Libušský Streams have moderate ecological status. Dalejský Stream, Kunratický Stream, Rokytkka above Hořejší Pond and Botič are classified as poor ecological status. Overall, it may be said that the EQR value in all sites oscillates around the threshold of poor and moderate status (0.4) and none of the sites are close to the threshold of the desirable good status (EQR > 0.6). According to the EQR values of the saprobic index, it is clear that all monitored watercourses suffer from a high organic substances load, which is also evidenced by the low abundance of EPT macroinvertebrates groups (Ephemera, Plecoptera and Trichoptera).

A worse ecological status of the Rokytkka site above Hořejší Pond compared to below it and compared to Šárecký Stream is an interesting finding. This is in spite of the fact that the restoration implemented there was the most semi-natural compared to the two latter sites.

## Astacological research

Šárecký Stream was explored from Nebušický Stream up to the confluence with Vltava River. Its sections were first searched manually in the potential hiding places. Even though enough suitable hiding places were found, no crayfish were discovered. In the deeper parts of the stream bed that could not be searched manually coops with bait were placed and left in the sites overnight. However, not even the coop method led to the discovery of crayfish.

Říčanský Stream was explored below the Dubeč municipality from the Panská zahrada Park downstream in the direction of Litožnice Ponds. A manual search method discovered no crayfish in the hiding places in this section. River bank areas of Rohožník Pond in Dubeč were searched using the same method and no crayfish were found there either. The search was done only in the daytime when crayfish do not leave their hiding places because of the rich fish stock.

Astacological research in Rokytkka Stream was done in the vicinity of a footbridge across the stream, in the lower part of Hořejší Pond. Manual search of hiding places did not lead to the discovery of any crayfish. However, hiding

Hydromorfologický stav a rychlost proudění odpovídají podle zkušenosti státním původním druhů raků. Žádní jedinci raků však v tomto úseku nalezeni nebyli. Průzkum byl proveden také na nádrži na Dalejském potoce na začátku obce Řeporyje. Zde byl nalezen jedinec raka bahenního (*Astacus leptodactylus*), který je zařazen mezi druhy ohrožené [21].

## DISKUZE

### Chemické a fyzikálně-chemické ukazatele

V síti státního monitoringu probíhá na území Prahy pravidelné sledování kvality vody na pěti profilech drobných vodních toků. Tři profily jsou situovány v ústí Rokytky (Libeň), Botiče (Nusle) a Radotínského potoka (Radotín). Zbývající dva profily leží na okraji Prahy – Na Rokytkce v Běchovicích a na Botiči v Křeslicích. V procesu plánování v oblasti vod podle RSV je pozornost věnována jen vodním tokům, které jsou vymezeny jako samostatné vodní útvary. Z drobných toků na území Prahy jsou vodním útvarem pouze Rokytky (DVL\_0750) a Botič (DVL\_0740). Přestože jsou v obou případech vymezeny od pramene po ústí do Vltavy, jejich reprezentativní profil, na němž probíhá hodnocení, je umístěn ve zmíněných profilech na okraji Prahy. V hodnocení obou vodních útvarů se tedy neprojeví vliv samotné pražské aglomerace, velkých nádrží, jako je Počernický a Kyjský rybník na Rokytkce a nádrž Hostivař na Botiči, nebo některých přítoků. Podle vyhodnocení stavu vodních útvarů publikovaných státním podnikem Povodí Vltavy [12] spadá výsledné hodnocení obou vodních útvarů do stupně „střední a horší stav“, tedy stejné kategorie, která vychází pro Rokytky a Botič na námi sledovaných profilech. Výčet ukazatelů nesplňujících limit pro dobrý stav je však mírně odlišný.

Na Botiči mezi Křeslicemi a námi sledovaným profilem klesá významně medián koncentrací dusičnanového dusíku (až na úroveň velmi dobrého stavu) a v menší míře též medián celkového fosforu (ovšem nikoli mimo limit středního a horšího stavu). V obou případech jde nepochybně o vliv retence a denitrifikace dusičnanů a retence fosforu v hostivařské nádrži, která však naopak zhoršuje teplotní poměry vodního toku ohříváním v letních měsících.

Na Rokytkce se pokles v obsahu živin mezi profilem v Běchovicích a námi sledovaným profilem nad Hořejším rybníkem neprojevuje. Důvodem může být přetrvávající živinové zatížení Počernického a Kyjského rybníka, ale také nesrovnatelnost obou profilů. Měření na Rokytkce v Běchovicích probíhají ještě nad přítokem znečištěných potoků Říčanského a Běchovického.

Ostatní sledované pražské potoky nevyhovovaly limitu dobrého stavu všeobecných fyzikálně-chemických složek nejčastěji v ukazateli fosforečnanového a celkového fosforu a také dusičnanového dusíku. Všechny tyto potoky odvodňují hustě osídlené oblasti městské a příměstské zástavby a do většiny z nich jsou zaústěny vyčištěné odpadní vody z místních čistíren odpadních vod. Nejvyšší mediánové hodnoty celkového i fosforečnanového fosforu byly zjištěny na Radotínském a Dalejském potoce. Tyto dva potoky však zároveň vykazovaly nízké hodnoty BSK<sub>5</sub> na úrovni velmi dobrého stavu. Tento zdánlivý paradox lze snad vysvětlit rychlým odbouráváním snadno dostupného organického uhlíku v proudící a poměrně dobře prokysličené vodě obou potoků, zatímco fosforečnan je v zastíněném korytě poměrně pomalu asimilován do biomasy zelených řas.

Při porovnání s vodními útvary dílčího povodí Dolní Vltavy [12] dojdeme k závěru, že pražské potoky se v charakteristice obohacení živinami zásadně neliší od ostatních vodních toků. Ze 79 vodních útvarů tekoucích vod nevyhovějí požadavkům všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu ani jediný. A právě nevyhovující stav v ukazatelích živinového zatížení fosforem a dusíkem patřil mezi nejčastější důvody.

places there are not very suitable for crayfish. Although the stream bottom in the section is stony, the stones are often solidly embedded in the river bottom or freely placed in the bank parts with fine mud sediment.

Radotínský Stream is known as a site where stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is present, which belongs among Natura 2000 priority species and among critically endangered species pursuant to Annex III to Decree No. 395/1992 Coll. [21]. The search took place on 9/6/2017 and hiding places in the permanent monitoring area (Natura 2000) were searched below a weir near the Zmrzlík tributary. Since no crayfish were found in that section, the search continued above the weir. However, no crayfish specimen was found there either. During the search, water in the stream had an unnatural blackish colour and was covered by foam in some places. The search was then carried out in another permanent monitoring area above the Choteč municipality and no specimen was found either. The bottom of Radotínský Stream was covered with fine black sediment there, which covered all hiding places including empty dens that often used to serve as hiding places for crayfish in this section.

Dalejský Stream was searched from Holyně up to Řeporyje. The stream has the character of a natural watercourse in this section with a large number of hiding places under stones, dead wood and tree stumps and roots in bank areas. According to experience, the hydromorphological status and flow speed correspond to habitats of native crayfish species. However, no crayfish specimens were discovered in this section. A water reservoir at Dalejský Stream at the beginning of the Řeporyje municipality was also searched. A specimen of Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) that is an endangered species was found there.

## DISCUSSION

### Chemical and physicochemical indicators

As part of state monitoring grids, water quality in Prague is regularly monitored in five profiles of small watercourses. Three profiles are situated in the mouth of Rokytky (Libeň), Botič (Nusle) and Radotínský Stream (Radotín). The two remaining profiles are located on the outskirts of Prague, in Rokytky in Běchovice and Botič in Křeslice. Pursuant to the WFD, attention in the water planning process is paid only to watercourses that are defined as water bodies. Out of the small watercourses in Prague, only Rokytky (DVL\_0750) and Botič (DVL\_0740) are water bodies. Even though they are in both cases defined from the spring up to when they empty into Vltava River, their representative profile where evaluation takes place is located in the above profiles on the outskirts of Prague. Evaluation of both water bodies is therefore affected neither by the actual impact of the Prague agglomeration, large water reservoirs such as Počernický and Kyjský Ponds at Rokytky and Hostivař Reservoir at Botič nor by any of their tributaries. According to an evaluation of water bodies published by the state-owned enterprise Povodí Vltavy [12], the resulting evaluation of both water bodies is classified as “moderate and worse status”, i.e., the same categories that resulted for Rokytky and Botič in the profiles that we had monitored. However, the list of indicators that do not meet a limit for good status is slightly different.

The median of ammonia nitrogen concentration drops significantly in Botič between Křeslice and the profile we monitored (up to the high status level) and to a smaller degree the median of total phosphorus drops too (however, not beyond the moderate and worse status limit). Undoubtedly, in both cases this is an effect of nitrates retention and denitrification and phosphorus retention in Hostivař Reservoir, which deteriorates temperature conditions of the watercourse by warming up in summer months.

Podrobný monitoring fyzikálně-chemických a chemických parametrů kvality vody provádí na drobných vodních tocích na svém území hlavní město Praha [1]. Řada profilů umožňuje srovnání s výsledky naší studie, jejich souhrnné vyhodnocení je však provedeno do tříd jakosti vod podle normy ČSN 75 7221 [2].

Na profilu č. 18A Radotínského potoka u Rutenického mlýna jsou přibližně od roku 2015 měřeny zvýšené koncentrace  $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ , dusičnanového dusíku i celkového fosforu. Tyto hodnoty jsou řádově v souladu s našimi výsledky a dokládají, že mimořádné zatížení živinami započalo na Radotínském potoce již asi dva roky před naším průzkumem. Nelze však souhlasit s komentářem k hodnocení, který vzrůstající koncentrace celkového fosforu přisuzuje komunální odpadním vodám z trativodů ze staré zástavby v obcích. Naše výsledky a jednorázová pozorování jednoznačně nasvědčují havarijnímu stavu provozu čistíren odpadních vod. Velmi pravděpodobně jde o vliv silného komunálního znečištění v pramenné části Radotínského potoka, kde přetížené čistírny odpadních vod nestačí tempu nové zástavby.

Vlivem, jenž mohl zůstat nepozorován ve výsledcích laboratorních analýz, je dešťové odlehčení. Běžným monitoringem ho nelze zachytit. Objem znečištění, který se při odlehčení do vodních toků dostane, může být podstatným příspěvkem k eutrofizaci [22].

## Makrozoobentos

Hodnocení makrozoobentosu multimetrickým indexem podle metod RSV přináší řadu otázek. Radotínský potok byl hodnocen do středního ekologického stavu, tedy v „lepší“ polovině sledovaných potoků. Hodnoty jednotlivých metrik v případě Radotínského potoka silně kolísají od EQR Saprobního indexu na úrovni zničeného stavu až po hodnoty B indexu a Margalefovy diversity, které odpovídají stavu dobrému. Připomeňme též extrémně vysoké koncentrace celkového fosforu i vysoké koncentrace forem dusíku ukazující na značné zatížení toku živinami. Tyto živinové parametry mají přímou vazbu na autotrofní biologické složky kvality (fytoobentos, makrofyta), makrozoobentos ovlivňují nepřímo přes živinový koloběh v toku [23]. Sledovaný úsek Radotínského potoka je hydromorfologicky i složením substrátu dna přírodě blízký. Společenstvo bentických bezobratlých zde dosahuje nejvyšší diversity ze sledovaných toků, což je v souladu se skutečností, že makrozoobentos je významně ovlivňován právě habitatovou diverzitou vodního toku. Organické znečištění vody v toku promítající se do zcela nevyhovujícího EQR Saprobního indexu pak patrně limituje společenstvo k dosažení pouze středního ekologického stavu a pravděpodobně je hlavní překážkou pro dosažení dobrého ekologického stavu.

Radotínský potok je pouze nejnápadnějším příkladem rozdílu ve vyhodnocení EQR jednotlivých metrik, který můžeme pozorovat i u některých dalších lokalit (Šárecký potok, Rokytky pod Hořejším rybníkem, Kunratický potok, Botič). Saprobni index je metrika založená na citlivosti vybraných taxonů k zatížení vod lehce rozložitelnou organickou hmotou. Metrika primárně indikuje organické znečištění, ale pozitivně koreluje také s intenzitou eutrofizace, zemědělským využitím říční nivy i povodí a některými prvky hydromorfologické degradace [14]. B index je počítán predikčním modelem. Ten modeluje teoretickou skladbu společenstev makrozoobentosu na konkrétních lokalitách na základě sedmi hodnot proměnných prostředí (vzdálenost od pramene, nadmořská výška, zeměpisná šířka, zeměpisná délka, spád toku, plocha povodí, řád toku). Index B je pak získán následným srovnáním společenstva predikovaného a na hodnocené lokalitě zjištěného [14]. Rozdíly v EQR Saprobního a B indexu tedy odrážejí skutečnost, že toky jsou hydromorfologicky i složením substrátu dna přírodě blízké nebo revitalizované do přírodě blízkého hydromorfologického stavu, ale organické znečištění vody v toku je nevyhovující.

Pravidelné vyhodnocení společenstva vodních bezobratlých do tříd ekologického stavu je pro pražské potoky prováděno pouze na Rokytky a Botiči, jež jsou vodními útvary ve smyslu RSV [8]. Jak již bylo popsáno výše, vzorkování je

No decrease in nutrients is apparent in Rokytky between the profile in Běchovice and the profile we monitored above Hořejší Pond. A reason for this may be a persistent nutrient load of Počernický and Kyjský Ponds as well as the incomparability of both profiles. Rokytky measurements in Běchovice take place before the polluted Říčanský and Běchovický tributaries.

The other monitored Prague streams did not meet the good status limit for general physicochemical quality elements most often in the phosphate phosphorus and total phosphorus indicators as well as in nitrate nitrogen. All these streams drain densely populated areas of urban and suburban settlements and treated waste water from local waste water treatment stations is led there. The highest median values of total and phosphate phosphorus were established in Radotínský and Dalejský Streams. However, at the same time these two streams had very low  $BOD_5$  values, corresponding to a high status. This seeming paradox can easily be explained by fast degradation of easily available organic carbon in running and fairly well-oxygenated water in both streams whereas phosphate in the shady stream bed gets assimilated into the green algae biomass rather slowly.

When making a comparison with water bodies of the sub-basin of the Lower Vltava [12], a conclusion may be drawn that Prague streams do not significantly differ from other watercourses as regards the characteristics of nutrient enrichment. Out of 79 running water bodies, not a single one met the requirements of general physicochemical quality elements of the ecological status. The most common reasons for that included unsatisfactory status of phosphorus and nitrogen nutrient load.

The capital city of Prague carries out a detailed monitoring of physicochemical and chemical water quality parameters of small watercourses in its territory [1]. Numerous profiles enable a comparison with the results of our paper but their overall evaluation is done into water quality classes pursuant to the ČSN Technical Standard 75 7221 [2].

Approximately since 2015, increased concentrations of  $BOD_5$ ,  $COD_{Cr}$ , ammonia nitrogen and total phosphorus have been measured in profile No. 18A in Radotínský Stream near Rutenický Mill. These values are roughly in line with our results and show that the extraordinary nutrient load of Radotínský Stream began already approximately two years before our research. However, we cannot agree with a comment attached to the evaluation that the increasing concentrations of total phosphorus are attributed to municipal waste water from the porous piping system from the old buildings in the municipality. Our results and one-time observations clearly indicate that the waste water treatment stations that are in operation are in serious disrepair. There is a highly likely impact of strong municipal pollution in the source part of Radotínský Stream where overloaded waste water treatment stations cannot keep step with the new development.

The impact posed by reducing torrential rain load may have gone unnoticed in the laboratory analysis results. This impact cannot be captured by standard monitoring. However, the volume of pollution that gets to watercourses in that case may be a significant contribution to eutrophication [22].

## Macroinvertebrates

An evaluation of macroinvertebrates by a multi-metric index in accordance with the WFD methods brings a number of questions. Radotínský Stream was evaluated as moderate ecological status, i.e., the “better” half of monitored streams. Values of individual metrics in Radotínský Stream strongly oscillate between the EQR of the saprobic index at the level of bad status up to B index values and the Margalef diversity index corresponding to good status. The extremely high concentrations of total phosphorus and high concentrations of nitrogen forms that indicate a significant nutrient load of the watercourse should also be noted. These nutrient parameters have a direct link to autotrophic biological quality elements (phytobenthos and macrophytes) and have an indirect

prováděno státním podnikem Povodí Vltavy v reprezentativních profilech na okraji Prahy. Návrh aktuálního plánu dílčího povodí pro 3. plánovací cyklus [12] uvádí hodnocení makrozoobentosu na Rokytkce ve 4. třídě ekologického stavu (poškozený stav). Botič je ve stejném dokumentu hodnocen ve třídě 3 (střední ekologický stav). Stejně jsou oba vodní útvary hodnoceny i v předchozím plánovacím cyklu. Rozdíly v hodnocení oproti našim výsledkům jsou dány pravděpodobně odlišnými vlivy na vodní tok i mikrohabitatovými charakteristikami vzorkovaných profilů. Z nádrže Hostivař a Kyjského rybníka odtéká v letních měsících voda obohacená o fytoplankton řas a sinic, který negativně ovlivňuje zastoupení potravních skupin makrozoobentosu [23]. Citlivost metody hodnocení na mikrohabitatové podmínky vodního toku lze dokumentovat na rozdílném výsledku na profilech Rokytky pod a nad Hořejším rybníkem (tab. 4). Proudny úsek pod Hořejším rybníkem s kamenitým substrátem dna byl hodnocen o třídu lépe než odběrový úsek nad Hořejším rybníkem. Paradoxem je, že tato lokalita byla komplexně revitalizována do široce meandrujícího koryta. Vzorkování tu však proběhlo teprve dva roky po dokončení revitalizačních úprav. Za hlavní důvod zatřídění lokality do poškozeného stavu však považujeme uniformní podmínky revitalizovaného koryta, které bylo vyhloubeno v kompaktním jílu. I po dvou letech tady nevznikly šterkové náplavy ani nedošlo k prohloubení tůní. Zde je na místě uvést, že pracovníci Magistrátu hlavního města Prahy zareagovali rychle na naše předběžná zjištění a nechali revitalizované koryto obohatit o šterk a říční dřevo.

Ostatní údaje o hodnocení drobných toků v Praze do ekologického stavu podle makrozoobentosu jsou spíše výjimečné. Starší práce dokumentují nedosažení dobrého stavu na profilech Botiče na základě Saprobního a ASPT indexu [3, 4]. V roce 2017 prováděla vzorkování makrozoobentosu na Botiči Lískovcová [6]. Hodnocení na základě jednotlivých metrik na profilech pod nádrží Hostivař kolísalo mezi středním a zničeným stavem.

Hodnocení menších pražských potoků, jež nejsou vodním útvarem, dosud nebylo metodami analogickými k hodnocení vodních útvarů provedeno. V tomto spočívá přínos naší studie, která kromě Rokytky a Botiče hodnotí ještě dalších pět potoků třetího řádu dle Strahlera. Výsledné hodnocení do tříd středního a poškozeného stavu není překvapivé. Pravděpodobně ho nevylepší ani odchýlení od standardní metodiky, kdy jsme hodnotili jen jarní vzorky, jež bývají bohatší. Na vodní toky v městském prostředí působí řada nepříznivých vlivů. V této práci jsme se věnovali zejména kvalitě vody a částečně hydromorfologickým charakteristikám. V městských tocích se však také negativně projevuje hydraulický stres [5], dramatické zhoršení kvality vody vlivem dešťového odlehčení kanalizačních systémů [22] nebo vliv starých ekologických zátěží [24]. Pro hrubé srovnání stavu drobných toků v Praze může posloužit výsledek hodnocení podle makrozoobentosu pro vodní útvary v dílčím povodí Dolní Vltavy [12]. Pouze polovina vodních útvarů dosáhla ve složce ekologické kvality makrozoobentosu dobrého stavu. Druhá polovina vodních útvarů je hodnocena do třídy středního nebo poškozeného stavu.

## Astakologický průzkum

Při hodnocení výskytu raků je třeba důsledně odlišovat mezi původními a nepůvodními druhy. Ve Vltavě na území Prahy se již několik desetiletí vyskytuje populace nepůvodního raka pruhovaného (*Faxonius limosus*), jenž se do ČR rozšířil proti proudu Labe. Tento invazní druh většinou nevystupuje do drobných vodních toků, může sem však být aktivně přenesen lidmi. Toto riziko platí zejména pro rybníky a vodní nádrže. Příkladem byl rybník V Rohožníku na Říčanském potoce v Dubči. Zdejší silná populace raka pruhovaného byla v roce 2014 potlačena vypuštěním a odbahněním rybníka. Náš průzkum byl motivován snahou zjistit, zda byl zásah úspěšný. Existovala totiž domněnka, že při vypouštění rybníka mohlo do Říčanského potoka velké množství jedinců uniknout. Průzkum jejich výskyt nepotvrdil ani ve vodním toku, ani v nově

impact on macroinvertebrates via the nutrient cycle in the watercourse [23]. The monitored section of Radotínský Stream is semi-natural from both the hydromorphological perspective and composition of the stream bed substrate. There the population of benthic invertebrates reaches the highest diversity out of the monitored watercourses, which is in line with the fact that macroinvertebrates is significantly affected by the habitat diversity of a watercourse. Organic water pollution in the watercourse, reflected in the fully unsatisfactory EQR of the saprobic index, presumably prevents the population from reaching a better than moderate ecological status and is likely to be the main barrier in reaching good ecological status.

Radotínský Stream is the most striking example of a difference in the evaluation of the EQR of individual metrics, which can be observed in other sites too (Šárecký Stream, Rokytkka below Hořejší Pond, Kunratický Stream and Botič). Saprobic index is a metric based on the sensitivity of selected taxons to water load by easily degradable organic matter. The metric primarily indicates organic pollution but it also positively correlates with eutrophication intensity, farming use of the alluvial plain and basin as well as several elements of hydromorphological degradation [14]. The B index is calculated by a prediction model. It models the theoretical composition of macroinvertebrates populations in specific sites based on seven values of environment variables (distance from the source, altitude, latitude, longitude, inclination of the watercourse, catchment area and stream order). The index is the result of a subsequent comparison of predicted and actually established population in the evaluated site [14]. Differences in the EQR of saprobic and B indices therefore reflect the fact that from the hydromorphological perspective and composition of the stream bed substrate, the respective watercourses are semi-natural or restored into a semi-natural hydromorphological status but organic water pollution of the watercourse is unsatisfactory.

As regards Prague streams, regular evaluation of the population of aquatic invertebrates into ecological status classes is done only for Rokytkka and Botič, which are water bodies within the meaning of the Water Framework Directive [8]. As described above, sampling is carried out by the state-owned enterprise Povodí Vltavy in representative profiles on the outskirts of Prague. The current Draft Catchment Area Plan for the 3<sup>rd</sup> planning cycle [12] evaluates macroinvertebrates in Rokytkka as Class 4 ecological status (poor status). Botič is classified as Class 3 (moderate ecological status) in the document. Both water bodies were evaluated in the same way also in the previous planning cycle. The differences compared to our results are presumably due to different impacts on the watercourses and microhabitat characteristics of the sampling profiles. In the summer months, water flowing away from Hostivař Reservoir and Kyjský Pond is enriched with the phytoplankton of algae and cyanobacteria, which negatively affects representation of the feeding groups of macroinvertebrates [23]. The sensitivity of the evaluation method regarding microhabitat conditions of watercourses may be documented on the different result in the profiles of Rokytkka below and above Hořejší Pond (Tab. 4). The flow section below Hořejší Pond with stream bed substrate made of aggregate was evaluated by a class better than the sampling section above Hořejší Pond. It is a paradox that the latter site was comprehensively restored into a broadly meandering stream bed. However, sampling took place there only two years after the completion of restoration modifications. What we consider to be the main reason for classifying the site as having poor status is the uniform conditions of the of the restored stream bed, which had been dug in compact clay. Even after two years, neither gravel alluvia have formed there nor have the pools deepened. It should be noted in this context that the staff of the Prague City Hall quickly responded to our preliminary findings and had the stream bed enriched with gravel and river wood.

Other data about the ecological status evaluation of small watercourses in Prague according to macroinvertebrates are rather exceptional. Older papers document the failure to reach good status in Botič profiles on the basis of

Tab. 4. Souhrnné hodnocení společenstev makrozoobentosu. Barvy označují rozdělení EQR do tříd ekologického stavu (velmi dobrý – modrá, dobrý – zelená, střední – žlutá, poškozený – oranžová, zničený – červená). Bližší popis metrik a výpočtu multimetrického indexu je popsán v metodice Opatřilové a kol. [14]

| Kód lokality | Počet jedinců | Počet taxonů | Počet čeledí | Diverzita Margalef | EQR – Saprobni index | EQR – Litál | EQR – RETI | EQR – EPT Abu | EQR – Diverzita Margalef | EQR – Metaritrál | B index | EQR – Hyporitrál | EQR – Počet čeledí | EQR – Multimetrický index makrozoobentosu | Třída ekologického stavu |
|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|----------------------|-------------|------------|---------------|--------------------------|------------------|---------|------------------|--------------------|---|--------------------------|
| SAR          | 13036         | 54           | 29           | 4,75               | 0,35                 | 0,45        | 0,54       | 0,36          | 0,54                     | 0,45             | 0,68    |                  |                    | 0,49                                      | 3                        |
| DAL          | 9362          | 47           | 23           | 4,59               | 0,34                 | 0,39        | 0,41       | 0,19          | 0,52                     | 0,40             | 0,40    |                  |                    | 0,38                                      | 4                        |
| RAD          | 9392          | 60           | 33           | 5,90               | 0,07                 | 0,34        | 0,40       | 0,42          | 0,69                     | 0,51             | 0,64    |                  |                    | 0,45                                      | 3                        |
| LIB          | 7280          | 31           | 17           | 3,37               | 0,43                 | 0,49        | 0,46       | 0,35          | 0,37                     | 0,45             | 0,45    |                  |                    | 0,43                                      | 3                        |
| KUN          | 9080          | 46           | 23           | 4,61               | 0,17                 | 0,29        | 0,37       | 0,36          | 0,53                     | 0,39             | 0,50    |                  |                    | 0,38                                      | 4                        |
| BOT          | 5064          | 46           | 24           | 4,81               | 0,15                 | 0,43        | 0,31       | 0,26          | 0,52                     | 0,34             | 0,43    |                  |                    | 0,34                                      | 4                        |
| ROKNAD       | 3902          | 49           | 24           | 5,56               | 0,39                 | 0,33        | 0,28       | 0,32          | 0,61                     | 0,28             | 0,30    |                  |                    | 0,34                                      | 4                        |
| ROKPOD       | 8432          | 51           | 24           | 4,87               | 0,14                 | 0,41        | 0,32       | 0,26          |                          |                  | 0,61    | 0,86             | 0,73               | 0,49                                      | 3                        |

Tab. 4. Overall evaluation of macroinvertebrates populations. The colours mark the division of the EQR into ecological status classes (high – blue, good – green, moderate – yellow, poor – orange, bad – red). A more detailed description of the metrics and calculation of the multi-metric index is presented in a methodology by Opatřilová et al. [14]

| Site code | Number of specimens | Number of taxons | Number of families | Margalef diversity index | EQR – Saprobic index | EQR – Lital | EQR – RETI | EQR – EPT Abu | EQR – Diversity Margalef | EQR – Metharitrál | B index | EQR – Hyporitrál | EQR – Number of families | EQR – Macroinvertebrates multi-metric index | Ecological status class |
|-----------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-------------|------------|---------------|--------------------------|-------------------|---------|------------------|--------------------------|---|-------------------------|
| SAR       | 13036               | 54               | 29                 | 4.75                     | 0.35                 | 0.45        | 0.54       | 0.36          | 0.54                     | 0.45              | 0.68    |                  |                          | 0.49  | 3                       |
| DAL       | 9362                | 47               | 23                 | 4.59                     | 0.34                 | 0.39        | 0.41       | 0.19          | 0.52                     | 0.40              | 0.40    |                  |                          | 0.38  | 4                       |
| RAD       | 9392                | 60               | 33                 | 5.90                     | 0.07                 | 0.34        | 0.40       | 0.42          | 0.69                     | 0.51              | 0.64    |                  |                          | 0.45  | 3                       |
| LIB       | 7280                | 31               | 17                 | 3.37                     | 0.43                 | 0.49        | 0.46       | 0.35          | 0.37                     | 0.45              | 0.45    |                  |                          | 0.43  | 3                       |
| KUN       | 9080                | 46               | 23                 | 4.61                     | 0.17                 | 0.29        | 0.37       | 0.36          | 0.53                     | 0.39              | 0.50    |                  |                          | 0.38  | 4                       |
| BOT       | 5064                | 46               | 24                 | 4.81                     | 0.15                 | 0.43        | 0.31       | 0.26          | 0.52                     | 0.34              | 0.43    |                  |                          | 0.34  | 4                       |
| ROKNAD    | 3902                | 49               | 24                 | 5.56                     | 0.39                 | 0.33        | 0.28       | 0.32          | 0.61                     | 0.28              | 0.30    |                  |                          | 0.34  | 4                       |
| ROKPOD    | 8432                | 51               | 24                 | 4.87                     | 0.14                 | 0.41        | 0.32       | 0.26          |                          |                   | 0.61    | 0.86             | 0.73                     | 0.49  | 3                       |

napuštěném rybníku. Úsek potoka pod rybníkem V Rohožníku patří k rychle proudícím, jež nejsou k životu raků vhodné. Říčanský potok je velmi znečištěný komunálními odpadními vodami [1], takže pravděpodobně nevyhovuje ani invaznímu raku pruhovanému, který je méně citlivý ke znečištění než naši původní raci [25]. Ačkoli v době průzkumu raci v úseku nebyli nalezeni, v pozdější době byl pomocí mobilní aplikace „Raci v ČR“ potvrzen výskyt raka pruhovaného rybářů v Kyjském rybníce.

Podezření na výskyt nepůvodního raka pruhovaného existovalo i na Rokytce. U Podvinného mlýna v Praze-Libni bylo v nedávné minulosti nalezeno několik jedinců raka pruhovaného [J. Patoka, osobní sdělení]. Náš průzkum v Rokytce na hranici Hloubětína a Vysočan našel výskyt raka pruhovaného nepotvrzil.

Při průzkumu na Šáreckém potoce byla zvažována možnost výskytu původního evropského raka bahenního (*Astacus leptodactylus*). Jeden exemplář tohoto druhu byl nalezen v lednu 2015 v oblasti Zlatnice [J. Svobodová, nepublikováno]. Šlo o neobvyklý nález raka v zimním období mimo úkryt, což naznačuje, že nebyl v dobré kondici. Nejspíše to byl jedinec pocházející z některého rybníka, snad z nejbližší se nacházejícího rybníka u Dubového mlýna.

Nález raka bahenního v Dalejském potoce na horním okraji obce Řeporyje je potěšující, ale nikoli překvapivý. Lokalita se nachází v blízkosti bývalého skanzenu Řepora, z jehož rybníčků jsou nálezy raka bahenního známy [26]. Většímu rozšíření níže po proudu ale pravděpodobně brání komunální znečištění Dalejského potoka pod Řeporyjemi.

Asi nejvýznamnějším negativním zjištěním astakologického průzkumu je zánik populace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na Radotínském potoce. Rak kamenáč se v minulosti dlouhodobě vyskytoval v úseku asi jeden kilometr nad obcí Choteč až po Radotín, tedy asi na pěti kilometrech Radotínského potoka [26]. Nejlepší situace na toku byla v roce 2010, kdy byla abundance i přes 60 raků na úseku. Časem se abundance začala snižovat, např. v roce 2014 byla jen 13 raků/100 vhodných úkrytů [26], ale populace byla ještě stále stabilní.

Jak je popsáno ve výsledcích chemických rozborů, povodí Radotínského potoka je silně zatíženo komunálními odpadními vodami. Z náhodných zjištění i prohlídek stavu vodního toku nad sledovanou lokalitou vyplývá, že úroveň jejich čištění je velmi nízká až havarijní. Náhodně zachycený vzorek vody z Radotínského potoka v Tachlovicích (asi 7 km nad sledovaným profilem) dne 14. září 2017 dokládá epizodické stavy neslučitelné se životem většiny vodních organismů (obsah rozpuštěného kyslíku 2 mg/l, amoniakální dusík 8,15 mg/l, BSK<sub>5</sub> 47 mg/l) [P. Kožený, nepublikováno].

Zhoršenou kvalitou vody v Radotínském potoce se zabývali i pracovníci státního podniku Povodí Vltavy. V roce 2017 byla v potoce pod Tachlovicemi opakovaně v intervalu asi 14 dní zjištěna černě zakalená voda [J. Válek, osobní sdělení]. Zdrojem byla pravděpodobně špatně fungující čistírna odpadních vod v pramenné oblasti, nepodařilo se jí však prokazatelně doložit. Na podzim roku 2017 byla na lokalitě potvrzena i náhoda račím morem.

Do současnosti nebyli na Radotínském potoce žádní jedinci raka kamenáče nalezeni. Bohužel se zdá, že výskyt tohoto kriticky ohroženého druhu na území Prahy je minulostí.

## ZÁVĚR

Hodnocení ekologického stavu drobných vodních toků na území Prahy nevyznívá dobře. V žádném z hodnocených profilů nesplňovaly všeobecné fyzikálně-chemické složky limity pro dobrý ekologický stav. Hodnocení ekologického stavu podle makrozoobentosu zatížilo sledované profily v lepším případě do středního stavu, v horším případě do poškozeného stavu.

Hlavním důvodem špatné kvality vody je znečištění živinami, především fosforem, který je příčinou eutrofizace vodních ekosystémů. Špatnou kvalitou vody jsou zjevně limitována též společenstva vodních bezobratlých

saprobic and ASPT indices [3, 4]. In 2017, macroinvertebrates sampling in Botič was done by Lískovcová [6]. Her evaluation based on individual metrics in profiles below Hostivař Reservoir oscillated between moderate and bad status.

No evaluation of smaller Prague streams that are not water bodies has been done to present day using methods analogical to the evaluation of water bodies. This is the merit of our paper, which besides Rokytka and Botič evaluates also another five streams of stream order 3 according to Strahler. The resulting evaluation as moderate and poor status classes is not surprising. It was presumably not improved even by a deviation from the standard methodology when we evaluated only spring samples that tend to be richer. There are numerous unfavourable impacts on watercourses in urban environment. In this paper we looked in particular at water quality and partly at hydromorphological characteristics. Besides that, urban watercourses experience negative impacts of hydraulic stress [5], dramatic water quality deterioration due to reducing the torrential rain load of sewerage systems [22] or an impact of old environmental burdens [24]. The result of an evaluation of water bodies in the Lower Vltava sub-basin based on macroinvertebrates [12] gives a rough comparison of the status of small watercourses in Prague. Only a half of water bodies achieved good status in the ecological quality elements of macroinvertebrates. The second half of water bodies was evaluated as having moderate or poor status.

## Astacological research

When evaluating the presence of crayfish, we need to strictly distinguish between native and alien species. A population of alien species of spiny-cheek crayfish (*Faxonius limosus*), which has spread to the Czech Republic up the Labe River, has been present in Prague already for several decades. This invasive species usually does not spread to small watercourses but may be actively brought there by people. This risk holds true especially for ponds and water reservoirs. An example of this was Rohožník Pond on Říčanský Stream in Dubeč. The strong local population of spiny-cheek crayfish was suppressed there in 2014 by draining the pond and removing mud from there. Our research was motivated by the aim to find out whether this intervention had been successful. There was an assumption that when the pond was being drained, a large number of specimens could have escaped to Říčanský Stream. Our searching confirmed their presence neither in the watercourse nor in the newly filled pond. The section of the stream below Rohožník Pond is a fast flowing one, which is not a suitable habitat for crayfish. Říčanský Stream is highly polluted by municipal waste water [1] and therefore it is presumably unsuitable even for the invasive spiny-cheek crayfish, which is less sensitive to pollution compared to native crayfish [25]. Even though no crayfish were established when the section was searched, later on the presence of spiny-cheek crayfish was confirmed in Kyjský Pond by a mobile app “Raci v ČR” [“Crayfish in the CR”].

Presence of the alien spiny-cheek crayfish was suspected also in Rokytka. Several spiny-cheek crayfish specimens were found near Podvinný Mill in Libeň in Prague in recent past [J. Patoka, pers. comm.]. Fortunately, when we searched Rokytka on the boundary between Hloubětín and Vysočany did not confirm the presence of spiny-cheek crayfish.

When Šárecký Stream was being searched, the possibility that native Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) may be present there was considered. One specimen of this species was found in the Zlatnice area in January 2015 [J. Svobodová, unpublished]. It was an uncommon discovery of crayfish outside its hiding place in winter, which shows that the crayfish was not in a good condition. Most likely, it may have been a specimen from one of the ponds, perhaps from the nearest one near Dubový Mill.

v revitalizovaných i přírodě blízkých vodních tocích. Bez důsledného zaměření na kvalitu čištění odpadních vod, včetně odstraňování fosforu, by mohly vyjít naprázdno dlouhodobé snahy pražského magistrátu o zlepšení kvality vody v nádržích i vodních tocích.

## Poděkování

Výzkum byl financován projektem CZ.071.02/0.0/0.0/16\_023/0000118 VODA PRO PRAHU a institucionální podporou Ministerstva životního prostředí ČR v rámci naplňování Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace VÚV TGM na období 2018–2022. Autoři děkují pracovníkům Odboru ochrany prostředí MHMP za vstřícnost při realizaci výzkumu a oběma recenzentům za jejich cenné připomínky, které přispěly ke zkvalitnění publikace.

## Literatura

- [1] Hlavní město Praha. Pražská příroda, <http://www.praha-priroda.cz/> [cit. 22.7.2021]
- [2] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT (1998) ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, 20 s.
- [3] NÁBĚLKOVÁ, J., KOMÍNKOVÁ, D., ŠTASTNÁ, G. (2004) Assessment of ecological status in small urban streams of Prague agglomeration. *Water Science and Technology* 50(5): 285–291
- [4] KOMÍNKOVÁ, D., STRÁNSKÝ, D., ŠTASTNÁ, G., CALETKOVÁ, J., NÁBĚLKOVÁ, J., HANDOVÁ, Z. (2005) Identification of ecological status of stream impacted by urban drainage. *Water Science and Technology* 51(2): 249–256
- [5] KOMÍNKOVÁ, D., CALETKOVÁ, J., VITVAR, T. (2017) Analysis of environmental flow requirements for macroinvertebrates in a creek affected by urban drainage (Prague metropolitan area, Czech Republic). *Urban Ecosystems* 20(4): 785–797
- [6] LIŠKOVCOVÁ, B. (2018) Identifikace zdrojů znečištění podél urbanizačního gradientu drobných toků na základě změny struktury společenstva makrozoobentosu. Dipl. práce, ČVUT v Praze, 131 s. + příl.
- [7] HŘEBÍK, Š. (2003) Ekologie makrozoobentosu malých vodních toků v CHKO Český kras. *Bohemia centralis* 26: 53–72
- [8] Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, 2005. Aktualizovaný pracovní překlad s anglickým originálem. MŽP, Odbor ochrany vod, Praha
- [9] SCHMEDTJE, U., COLLING, M. (1996) Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 4(96): 543 s.
- [10] PATOKA, J., BUŘIČ, M., KOLÁŘ, V., BLÁHA, M., PETRÝL, M., FRANTA, P., KOUBA, A. (2016) Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia* 71(12): 1380–1385
- [11] ŠTAMBERGOVÁ, M., SVOBODOVÁ, J., KOZUBÍKOVÁ, E. Raci v české republice. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*. Praha, 2009. 255 s.
- [12] Povodí Vltavy, s. p. Návrhy plánů dílčích povodí 2020. <https://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/navrhy-planu-dilcich-povodi-2020>. [cit. 22.7.2021]
- [13] KOŽENÝ, P., BERÁNKOVÁ, T., BOUŠE, E., FIALA, D., JANOVSÁ, H., MUSIL, J., SVOBODOVÁ, J. Využití umělých a přírodních struktur pro revitalizace a zvýšení biologické a morfologické pestrosti pražských potoků. *VÚV TGM*, Praha. 2018. 43 s.
- [14] OPATŘILOVÁ, L., KOKEŠ, J., NĚMEJCOVÁ, D., SYROVÁTKA, V., ZAHŘÁDKOVÁ, S., MACIAK, M., HORKÝ, P. Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrozoobentosu. *VÚV TGM, MŽP ČR*. Praha. 2011. 24 s.
- [15] ROSENDORF, P. Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. *VÚV TGM, MŽP ČR*, Praha. 2011. 20 s.
- [16] KOKEŠ, J., NĚMEJCOVÁ, D. Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou Perla. *VÚV TGM*, 2006. 10 s.
- [17] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT (2008) ČSN 75 7701 Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA, 16 s.
- [18] MŽP ČR. Protokol odběru – tekoucí vody, [https://www.mzp.cz/cz/prehled\\_akceptovanych\\_metodik\\_tekoucich\\_vod](https://www.mzp.cz/cz/prehled_akceptovanych_metodik_tekoucich_vod) [cit. 22. 7. 2021]
- [19] Vyhláška č. 49/2011 Sb., o vymezení útvarů povrchových vod
- [20] LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., MATTAS, D., ZBOŘIL, A. Vymezení typů vodních toků. *PfF UK v Praze*. 2009. 29 s.

The finding of Narrow-clawed crayfish in Dalejský Stream at the upper boundary of the Řeporyje municipality is gratifying but not surprising. The site is located close to the former Řepora open air museum in whose ponds Narrow-clawed crayfish has been found [26]. However, its greater spreading further downstream is presumably hindered by the municipal pollution of Dalejský Stream below Řeporyje.

Perhaps the most significant negative finding of the astacological research is that the population of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in Radotínský Stream has become extinct. In the past, stone crayfish used to be present long-term in an approximately one-kilometre-long section above the Choteč municipality up to Radotín, i.e., roughly in five kilometres of Radotínský Stream [26]. The best situation occurred in 2010 when crayfish abundance amounted to over 60 crayfish in the section. Over time, their abundance started to decline, e.g., in 2014 there were only 13 crayfish per 100 suitable hiding places [26] but the population was still stable.

As described in the chemical analyses results, the Radotínský Stream basin is affected by a strong municipal waste water load. As shown by accidental findings as well as inspections of the state of the watercourse above the monitored site, the degree of its treatment ranges from very low to being in serious disrepair. An accidentally captured water sample from Radotínský Stream in Tachlovice (approximately 7 km above the monitored profile) on 14/9/2017 provides evidence of episodic statuses incompatible with the lives of a majority of aquatic organisms (dissolved oxygen content 2 mg/l, ammonia nitrogen 8.15 mg/l, BOD<sub>5</sub> 47 mg/l) [P. Kožený, unpublished].

The poor water quality in Radotínský Stream was also looked into by the staff of the state-owned enterprise Povodí Vltavy. In 2017, blackish turbid water was repeatedly established in the stream below Tachlovice over the course of approximately 14 days [Mr. J. Válek, pers. comm.]. Its source was presumably a malfunctioning waste water treatment station in the source area but it was not provably traced. In autumn 2017, crayfish plague was also confirmed in the site.

No stone crayfish specimens have been found in Radotínský Stream to present day. Unfortunately, it seems that the presence of this critically endangered species in Prague is a thing of the past.

## CONCLUSION

The outcome of the evaluation of the ecological status of small watercourses in Prague is not positive. None of the evaluated profiles met general physico-chemical quality elements limits for a good ecological status. An evaluation of the ecological status according to macroinvertebrates classified the monitored profiles as moderate status at the best and as poor status at the worst.

The main reason for the evaluated poor water quality of small watercourses is pollution by nutrients, in particular phosphorus, which causes eutrophication of aquatic ecosystems. Poor water quality clearly limits also the populations of aquatic invertebrates in restored and semi-natural watercourses. Without a consistent focus on the quality of waste water treatment including phosphorus removal, the long-term efforts of the Prague City Hall aimed at improving water quality in reservoirs and in watercourses may prove futile.

[21] Vyhláška č. 395/1992 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

[22] DURAS, J. Lovci tornád po česku. *Limnologické noviny* 2021(2): 2–12

[23] WANG, L. Z., ROBERTSON, D. M., GARRISON, P. J. (2007) Linkages between nutrients and assemblages of macroinvertebrates and fish in wadeable streams: Implication to nutrient criteria development. *Environmental Management* 39(2): 194–212

[24] KREJČOVÁ, L. (2013) Kvalita vody v pražských potocích. Bak. práce, *PfF UK v Praze*, Praha. 45 s.

[25] SVOBODOVÁ, J., DOUDA, K., ŠTAMBERGOVÁ, M., PICEK, J., VLACH, P., FISCHER, D. (2012) The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 22(6): 776–786

[26] Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Nálezová databáze ochrany přírody: <http://portal.nature.cz> [cit. 22. 7. 2021]. On-line databáze. Archivuje Odbor monitoringu biodiverzity AOPK ČR, Praha

## Autoři

### Mgr. Pavel Kožený

✉ [pavel.kozeny@vuv.cz](mailto:pavel.kozeny@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-6091-4205

### RNDr. Hana Janovská

✉ [hana.janovska@vuv.cz](mailto:hana.janovska@vuv.cz)

ORCID: 0000-0001-7259-1418

### RNDr. Jitka Svobodová

✉ [jitka.svobodova@vuv.cz](mailto:jitka.svobodova@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-4811-503X

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.07.005





# Testování zařízení Mini-JET pro stanovení erozních charakteristik orné půdy

MICHAL VRÁNA, DAVID ZUMR, JOSEF KRÁSA, TOMÁŠ DOSTÁL, JOHN S. SCHWARTZ

**Klíčová slova:** Mini-JET — kritické tečné napětí — koeficient erodovatelnosti — nesoudržná půda

## SOUHRN

Článek popisuje metodu stanovení erodovatelnosti nesoudržných zemědělských půd pomocí měření kritického tečného napětí. Pro určení kritického tečného napětí byl použit tzv. „Jet Erosion Test“ (JET). Měření bylo provedeno pomocí modifikované zmenšené verze zařízení Mini-JET. Zařízení je velmi vhodné pro terénní měření, neboť je malé, lehké, spotřebuje relativně nízké množství vody a na jeho obsluhu postačí jedna osoba. Princip měření kritického tečného napětí půdy je založen na sledování rychlosti tvorby erozního kráteru, který je vymílán působením vodního paprsku o známé kinetické energii. Z průběhu geneze erozního kráteru lze vypočítat erozní parametry půdy, jako jsou kritické tečné napětí a koeficient erodovatelnosti.

Všechny Mini-JET experimenty byly provedeny na experimentálních plochách u obce Řisuty a byly pro ně využity dva odlišné typy půdního povrchu. U půdního povrchu byly zjišťovány půdní charakteristiky (objemová hmotnost, zrnitostní složení, objemová vlhkost, stabilita půdních agregátů a obsah organického uhlíku). Celkem bylo provedeno 75 simulací.

U vypočtených erozních veličin byla zjištěna velká variabilita, která je charakteristická pro nesoudržné typy půdních povrchů. Přesto jsou stanovené hodnoty koeficientu erodovatelnosti srovnatelné s publikovanými hodnotami, a mohou tak být využitelné pro implementaci v erozních modelech. Na základě provedených testů lze proto konstatovat, že metoda je využitelná i na zemědělských půdách. Pro získání reprezentativních hodnot erodovatelnosti je vzhledem k vysoké prostorové heterogenitě prostředí třeba provést dostatečný počet replikací.

## ÚVOD

Eroze půd je přirozený proces, který v dlouhodobém časovém měřítku přetváří reliéf krajiny. Eroze je působena kombinací různých faktorů. Klíčové jsou vlastnosti půdy a její schopnost odolávat působení erozních činitelů (dopadu dešťových kapek a povrchovému odtoku vody). Problematická je eroze zrychlená, při níž se odplavují půdní částice a agregáty tak rychle, že nemohou být nahrazeny pomalejším půdotvorným procesem. Zrychlená eroze je často způsobena zásahy člověka v krajině [1]. Příčinami zrychlené eroze v České republice jsou kromě jiného kolektivizovaná zemědělská krajina, přetrvávající intenzifikace zemědělství a pěstování nevhodných plodin na nevhodných pozemcích [2]. Tím dochází k postupnému zmenšování mocnosti půdního profilu, a tedy ke snížení úrodnosti půdy a následným ztrátám v zemědělství. Vlivem transportu půdních částic se pak sediment usazuje v patách svahu, ve vodních tocích a nádržích.

Erodovatelnost půdy je charakteristika, která popisuje náchylnost konkrétního půdního povrchu k erozi [3]. Vyšší míra erodovatelnosti vede k vyššímu smyvu pro konkrétní erozně účinnou srážku při zachování ostatních počátečních a okrajových podmínek. Z toho důvodu vstupuje erodovatelnost povrchu půdy jako parametr do řady fyzikálně založených erozních modelů [3–6]. V závislosti na koncepci modelu je erodovatelnost vyjádřena různými způsoby a je odvozena z různých charakteristik půdy (fyzikálních i chemických). Za hlavní určující parametry erodovatelnosti jsou obvykle považovány: zrnitostní složení, obsah organického uhlíku, skeletovitost, stabilita půdních agregátů a hydraulická vodivost [7].

V modelech matematicky popisujících erozní proces [6] je iniciální erodovatelnost mezirýhové, respektive plošné eroze závislá na kritickém tečném napětí daného povrchu půdy [8], na němž se kromě výše uvedených vlastností půdy podílí i stav povrchu, tedy nakypřenost, krusta vytvořená předchozími srážkami a konsolidací při vysychání, drsnost povrchu aj. Kritické tečné napětí je hodnota smykového napětí vyvolaná kinetickou energií vodního proudu (srážka, povrchový odtok), od kterého začne být povrch půdy rozrušován, jeho struktura se rozpadá a půdní částice (nebo rozplavené agregáty) začínají být unášeny vodním proudem. Kritické napětí lze stanovit na základě experimentů s dešťovým simulátorem nebo pomocí umělého výronu vody na sklonitém půdním povrchu. Tyto experimenty jsou časově a finančně náročné. V praxi se proto v matematických modelech často využívá nepřímých odvození na základě snadno měřitelných charakteristik půdy. Nalezení spolehlivé metody pro přímé měření hodnot erodovatelnosti půdy, kterou by bylo možno provádět rychle, snadno a ve větším počtu opakování, by bylo velkým přínosem pro spolehlivější stanovení erozní ohroženosti zemědělských půd a následně navrhování protierozních opatření.

Cílem této práce je představení metody stanovení erodovatelnosti nesoudržných zemědělských půd pomocí měření kritického tečného napětí. Pro určení kritického napětí je testován tzv. „Jet Erosion Test“, prováděný s využitím modifikovaného zařízení Mini-JET. Toto zařízení bylo doposud používáno pro stanovování kritického tečného napětí soudržných půd (zejména pro posouzení stability břehů a dna vodních toků). Metoda je ve světě relativně rozšířená [9–11]. Její využití pro povrch zemědělské půdy je však zcela inovativní a jedná se o první takové využití popisovaného zařízení [12].

## METODIKA

Princip měření kritického tečného napětí půdy je založen na sledování rychlosti tvorby erozního kráteru působením vodního paprsku o známé kinetické energii. Z průběhu geneze erozního kráteru lze vypočítat erozní parametry půdy, jako jsou kritické tečné napětí a koeficient erodovatelnosti. Experimenty jsou

prováděny s využitím zařízení Mini-JET, které je popsáno dále. Zařízení je velmi vhodné pro terénní měření, neboť je malé, lehké, spotřebuje relativně nízké množství vody a na jeho obsluhu postačí jedna osoba.

Při hodnocení erodovatelnosti půdy lze předpokládat, že rychlost eroze  $\varepsilon_r$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] je úměrná efektivnímu tečnému napětí. Eroze nastává v momentu, kdy efektivní tečné napětí začne převyšovat kritické smykové napětí [11]:

$$\varepsilon_r = k_d (\tau_e - \tau_c) \quad (1)$$

kde  $k_d$  je koeficient erodovatelnosti [ $\text{m}^3\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ]  
 $\tau_e$  efektivní tečné napětí [Pa]  
 $\tau_c$  kritické smykové napětí [Pa]

## JET EROSION TEST

JET (Jet Erosion Test) je technika používaná při studiu eroze a mechanických vlastností půdy. Experimentální vybavení a metodika pro JET test byly vyvinuty Hansonem a kol. [13] ve Spojených státech amerických. Princip spočívá v monitorování eroze půdy vyvolané kolmo aplikovaným proudem vody.

Proud vody generovaný konstantním tlakem prochází tryskou a naráží na povrch půdy. Půdní povrch je během experimentu zaplaven, tryska je zcela ponořená ve vodě, tudíž následné výpočty erozních parametrů probíhají na základě dynamiky ponořeného paprsku, jak ve své publikaci popsali Hanson a Cook [14]. Vodní paprsek vycházející z trysky působí na povrch půdy smykovou silou, čímž se začne vytvářet erozní kráter.

Rozložení tečného napětí pod vodním paprskem není rovnoměrné, teoreticky je ve středu nárazové zóny nulové a zvyšuje se se vzrůstající radiální vzdáleností od středu až na okraj tryskového proudu. Poté se toto napětí se vzrůstající vzdáleností snižuje. JET analýza je založena na předpokladu, že maximální smyková síla vodního paprsku způsobí maximální prohloubení erozního kráteru [11].

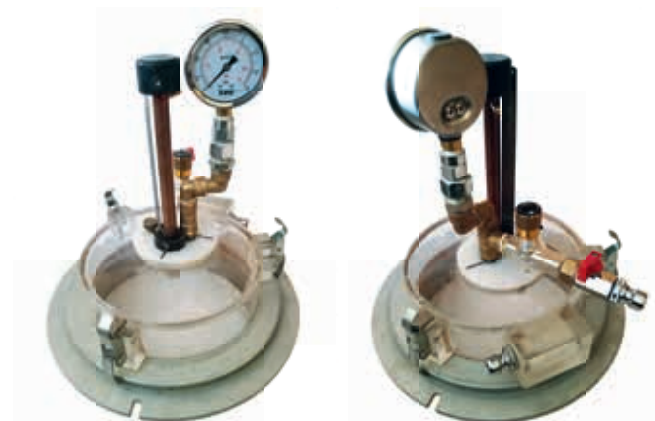
Odečet hloubky erozního kráteru se provádí v průběhu erozního experimentu. Počáteční doba měření by měla být co nejmenší, aby bylo možné dosáhnout co nejpřesnějšího průběhu hloubky erozního kráteru, jelikož největší smyková síla působí na začátku testu a s rostoucí hloubkou kráteru klesá. Test je považován za dokončený, jakmile dosáhne hloubka erozního kráteru maxima (nedochází k dalšímu prohlubování) [15].

V zásadě existují dvě základní konstrukce JET zařízení. Tím starším je JET zařízení, jež je přibližně 1 metr vysoké s průměrem základového prstence 300 mm a průměrem trysky 6,4 mm [16]. Původní JET zařízení je také vybaveno zásobníkem na vodu, pomocí kterého se v systému udržuje konstantní tlak na trysce. Novější a menší varianta zařízení, Mini-JET, je asi 0,5 metru vysoká, s průměrem základového prstence 100 mm a průměrem trysky 3,2 mm [17, 18]. Zařízení není osazeno zásobníkem na vodu, nýbrž je závislé na externím přívodu vody. Obě konstrukční varianty se používají jak za jasně definovaných podmínek v laboratoři, tak i pro terénní měření.

## MINI-JET ZAŘÍZENÍ

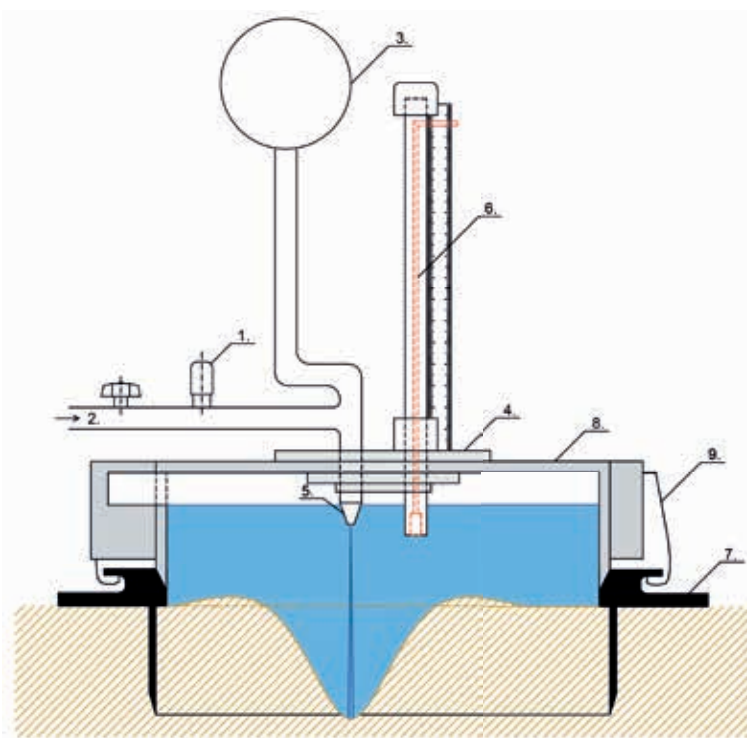
Jde o menší verzi původního zařízení JET. Přímou předlohou pro zde prezentovaný Mini-JET je zařízení, které pro výzkum eroze břehových hran vodních toků v Tennessee (USA) používali Mahalder a kol. [9]. Pro potřeby experimentů na nesoudržné ornici bylo zařízení upraveno. Modifikace spočívá v úpravě průměru základového prstence, jenž byl zvětšen tak, aby při erozi nesoudržné ornice nedocházelo k rozšíření erozního kráteru až k prstenci (obr. 1). Návrh této modifikace byl vytvořen na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství

ČVUT v Praze. Přístroj byl následně vyroben na zakázku firmou CS Plasting, s. r. o. Druhou významnou úpravou je systém regulace tlaku vody, který umožňuje nastavení nízké kinetické energie vodního paprsku.

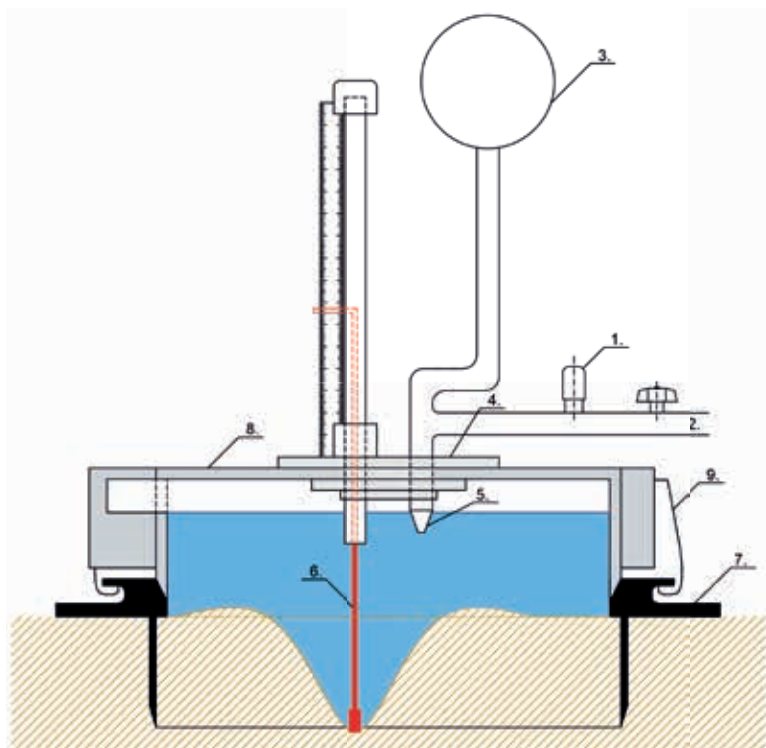


Obr. 1. Modifikovaná konstrukce zařízení Mini-JET  
 Fig. 1. Modified design of the Mini-JET device

Modifikovaný Mini-JET je schematicky, včetně jednotlivých komponent, ukázán na obr. 2 a 3. Potřebný tlak vody je zajišťován elektrickým čerpadlem. Následná úprava tlaku na trysce se provádí pomocí ventilu s jemnou regulací (1), který je umístěn na přívodní armatuře (2). Tlak vody je kontrolován pomocí manometru (3), umístěném v horní části přístroje. Jako u původní konstrukce JET je zařízení vybaveno otočnou deskou (4), na níž je připevněna tryska (5) společně s měřidlem hloubky erozního kráteru (6). Pomocí otáčení je zařízení v poloze pracovní (obr. 2), nebo čtecí (obr. 3). Základový prstec (7) je oddělitelný od zaplavovací nádrže (8) a během experimentu je kotvený k zaplavovací nádrži pomocí kovových svorek (9).



Obr. 2. Schéma zařízení Mini-JET – pracovní poloha  
 Fig. 2. Schema of the Mini-JET device – working position



Obr. 3. Schéma zařízení Mini-JET – čtecí poloha  
Fig. 3. Schema of the Mini-JET device – reading position

## KALIBRACE ZAŘÍZENÍ

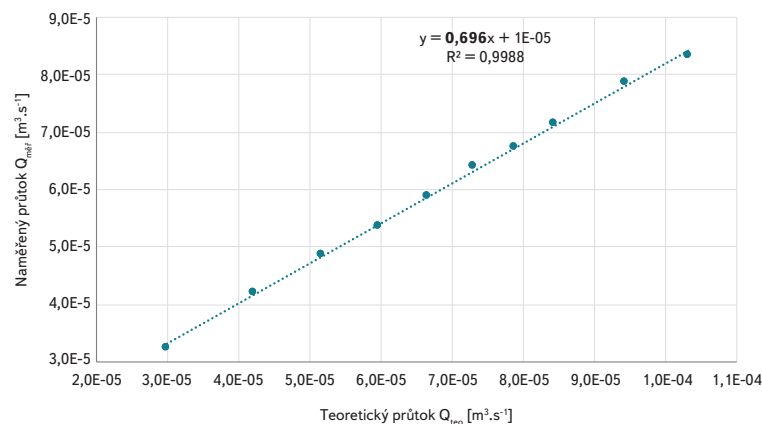
Pro každý konkrétní přístroj je třeba stanovit kalibrační koeficient, který je následně použit pro výpočty erozních parametrů [19]. Kalibrační koeficient odpovídá ztrátám v hydraulických komponentách zařízení, jež jsou specifické pro každý výrobek podle jednotlivých armatur, jejich parametrů a použitých materiálů (zařízení se nevyrábí sériově a každý kus je originálem). Pro výpočet kalibračního koeficientu je potřeba znát průtok tryskou při různých pracovních tlacích. Výpočet kalibračního koeficientu byl proveden podle Mahaldera [19].

Dalším potřebným parametrem je tzv. teoretický průtok  $Q_{teo}$ , který představuje maximální průtok přístrojem při nulových ztrátách:

$$Q_{teo} = A \cdot \sqrt{2gh} \quad (2)$$

kde  $Q_{teo}$  je teoretický průtok [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]  
 $A$  průřezová plocha trysky [ $m^2$ ]  
 $g$  gravitační zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]  
 $h$  tlaková výška [ $m$  v. sl.]

Výsledky kalibrace jsou znázorněny graficky (obr. 4), kde na ose x jsou hodnoty vypočteného teoretického průtoku a na ose y jsou hodnoty měřeného průtoku. Jednotlivými body byla proložena přímka, jejíž směrnice odpovídá kalibračnímu koeficientu [19].



Obr. 4. Určení kalibračního koeficientu, který v případě konkrétního zařízení odpovídá směrnici přímky 0,696

Fig. 4. Determination of the calibration coefficient, which in the case of the specific device corresponds a value of 0.696

## EXPERIMENTÁLNÍ LOKALITA A TERÉNNÍ MĚŘENÍ

Všechny Mini-JET experimenty byly provedeny na experimentálních plochách u obce Řisuty. Obec Řisuty leží v okrese Kladno asi 5 km západně od Slaného. Experimentální plochy se nacházejí v nadmořské výšce cca 320 m n. m. Klima je suché a teplé, s mírnou zimou a velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná roční teplota se tu pohybuje mezi 8 a 9 °C. Průměrný roční srážkový úhrn bývá okolo 500 mm. Půdním typem je kambizem modální (BPEJ 1.33.11), z hlediska zrnitostního složení jde o prachovitou hlínu (tab. 1). Experimentální měření se zařízením Mini-JET probíhá narázově od léta roku 2020.

Cílem terénních měření bylo otestovat zařízení v polních podmínkách, vybrat nejvhodnější provozní tlak pro dané podmínky a zjistit, zda výsledky budou použitelné pro stanovení erozních parametrů testované půdy. Jelikož metodika výpočtu erozních parametrů počítá s homogenním půdním prostředím, byly zvoleny dva typy půdního povrchu, které se nejvíce přibližují homogennímu prostředí.

Na experimentální ploše č. 1 se nacházel tzv. čerstvě vytvořený **válcovaný úhor** (obr. 5) o průměrné objemové hmotnosti cca  $1,35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Jde o půdní povrch, který je srovnávacím stavem pro měření smyvu během kampaní s dešťovým simulátorem pro určování C-faktoru [20]. Povrch je připravován v den simulace nakypřením půdy kultivátorem, srovnáním povrchu hráběmi a následným uválcováním.

Na experimentální ploše č. 2 se nacházel povrch po běžné přípravě pozemku na **setové lože**. Příprava spočívala v orbě do hloubky 26 cm, podmiťce do hloubky 20 cm a v setí žita po spádnici. Tento povrch je soudržnější než výše uvedený válcovaný úhor, protože od orby do prvního Mini-JET experimentu uplynulo 22 dní, během nichž tvořil srážkový úhrn 35 mm, díky čemuž se půda stala kompaktnější (obr. 5). To dokazuje i objemová hmotnost půdy ( $1,81\text{--}1,85 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), která je vyšší než u válcovaného úhoru (tab. 1).

Celkem bylo provedeno 75 experimentů, z toho 13 na válcovaném úhoru a 62 na setovém loži. Na válcovaném úhoru bylo uskutečněno výrazně méně simulací, jelikož experimentální měření s přístrojem začalo v létě 2020 a většina měření probíhala až na podzim 2020. V tomto období je již velmi obtížné připravit referenční plochu (především kvůli vysoké vlhkosti půdy). Druhým důvodem je poměrně složité provádění experimentu na nakypřeném úhoru, úspěšnost simulací na utuženějším setovém loži byla vyšší.

Tab. 1. Půdní charakteristiky testovaných povrchů  
Tab. 1. Soil characteristics of tested surfaces

| Experimentální plocha | Povrch (datum)               | Zrnitostní složení půdy |           |           | Objemová hmotnost [g.cm <sup>-3</sup> ] | Objemová vlhkost před experimentem [%] | Stabilita agregátů (Nimmo and Perkins) [%] | Obsah organického uhlíku [%] |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------|-----------|-----------|---|--|--|------------------------------|
|                       |                              | jíl [%]                 | prach [%] | písek [%] |   |  |  |                              |
| 1                     | Válcovaný úhor (8. 7. 2020)  | 9,0                     | 56,3      | 34,7      | 1,35                                    | 19,5                                   | neurčeno                                   | neurčeno                     |
| 1                     | Válcovaný úhor (10. 9. 2020) | 9,2                     | 56,2      | 34,6      | 1,34                                    | 19,2                                   | neurčeno                                   | neurčeno                     |
| 2                     | Seťové lože (21. 10. 2020)   | 8,3                     | 54,5      | 37,2      | 1,82                                    | 29,3                                   | 55,9                                       | 1,48                         |
| 2                     | Seťové lože (24. 10. 2020)   | 8,9                     | 57,3      | 33,8      | 1,85                                    | 30,2                                   | 60,8                                       | 1,43                         |
| 2                     | Seťové lože (25. 10. 2020)   | 9,9                     | 57,0      | 33,1      | 1,81                                    | 32,3                                   | 57,8                                       | 1,68                         |



Obr. 5. Válcovaný úhor na experimentální ploše č. 1 (vlevo) a seťové lůžko na experimentální ploše č. 2 (vpravo)

Fig. 5. Fallow on experimental area No. 1 (left) and seedbed on experimental area No. 2 (right)

Celý systém zařízení Mini-JET byl před experimentem zkompletován a řádně odvzdušněn. U následného výběru vhodného místa pro simulaci bylo potřeba dát si pozor na přítomnost předmětů, které by mohly narušit tvorbu erozního kráteru. Předně to jsou kameny, rostlinné zbytky, kořeny atd. Tyto předměty ovlivňují tvorbu erozního kráteru a měření znehodnocují. Základový prstenec musí být instalován do půdy vodorovně. Při velkém sklonu by nemusela být tryska ponořena ve vodě, tudíž by neplatily vztahy pro následné výpočty erozních parametrů. Dále byly odebrány neporušené půdní vzorky pro stanovení fyzikálních půdních charakteristik.

Cílem měření je co nejpřesněji zaznamenat průběh tvorby erozního kráteru v čase. Důležité je nastavení vhodného tlaku vody. Pokud by byl příliš vysoký, kráter se v nesoudržné půdě vytvoří okamžitě. Naopak pokud by byl tlak příliš nízký, erozní kráter se nevytvoří. Pro válcovaný úhor byl použit tlak okolo 1 psi (6,9 kPa) a pro seťové lůžko byly nastaveny tlaky mezi 3 a 4 psi (20,7 a 27,6 kPa). Použité tlaky vody byly určeny především na základě zkušeností operátora zařízení. Jelikož válcovaný úhor je méně soudržný než seťové lože, bylo potřeba použít na válcovaný úhor podstatně nižší tlak než na seťové lože, aby bylo možné zaznamenat průběh tvorby erozního kráteru v čase. Při vysokém tlaku je kráter vytvořen okamžitě. Vodní paprsek se na půdní povrch pouštěl v intervalech, jež se s prohlubováním erozního kráteru prodlužovaly. Mezi aplikacemi vodního paprsku (obr. 2) se přístroj otáčel do čtecí polohy (obr. 3) a měřil

se průběh tvorby kráteru, respektive jeho hloubka. Jako počáteční doba aplikace proudu vody byla zvolena hodnota 5 s. Měření bylo ukončeno, když se při posledních třech měřeních o délce minimálně 30 s hloubka erozního kráteru nezměňovala (obr. 6). Při měření hloubky erozního kráteru bylo potřeba spouštět měřidlo opatrně. Při samovolném puštění by měřidlo mohlo prohloubit kráter, a mohlo by tak dojít ke zkreslení výsledků.



Obr. 6. Erozní kráter po simulaci

Fig. 6. Erosion crater after simulation

## VÝPOČET EROZNÍCH PARAMETRŮ

Pro výpočet kritického tečného napětí  $\tau_c$  a koeficientu erodovatelnosti  $k_d$  byl použit nástroj „Jet Erosion Test Spreadsheet Tool“ [19]. Tento tabulkový nástroj (MS Excel) vyvinuli Hanson a Cook [11]. Do nástroje použili rovnice, které stanoví kritické tečné napětí  $\tau_c$  na základě maximálního prohloubení erozního kráteru.

Koeficient erodovatelnosti  $k_d$  je poté stanoven pomocí předem vypočítaného kritického tečného napětí, bezrozměrné funkce času  $T^*$  a bezrozměrné funkce hloubky  $J^*$  [11]. Tento nástroj byl následně ještě několikrát vylepšen [10, 19], byly do něj přidány alternativní metody stanovení erozních parametrů. Jedním z přístupů řešení je tzv. Blaisdellova metoda (BM), v níž se erozní parametry počítají na základě dat o hloubce a času, které se prokládají hyperbolickou funkcí [21]. Zbylé dvě metody „Scour depth“ a Iterační jsou variacemi Blaisdellovy metody. U Iterační metody jsou zpočátku erozní parametry  $\tau_c$  a  $k_d$  odhadnuty pomocí Blaisdellovy metody, parametry erodibility jsou řešeny iteračně. Cílovou funkcí pro tuto Iterační metodu je minimalizace chyby mezi měřeným a predikovaným časem. Je zde ovšem horní hranice  $\tau_c$ , aby se zabránilo překročení rovnovážné hloubky. V metodě „Scour depth“ jsou erozní parametry také řešeny iteračně. Cílovou funkcí pro tuto metodu je minimalizace chyby mezi naměřenými hloubkami a predikovanými údaji o hloubce. Výsledky této metody ukazují lepší přiblížení naměřeným hodnotám hloubek, ale hodnoty koeficientu erodovatelnosti mohou být v některých případech nadhodnocovány [9].

Pro případ nesoudržných půd byla použita metoda „Scour depth“, jelikož pomocí ní se průběhy naměřených hloubek erozních kráterů nejvíce přibližují predikovanému průběhu hloubky. Jednotlivé metody vyhodnocení Mini-JET experimentů jsou popsány v pracích [9, 10, 21].

Před výpočty byly do výpočetního nástroje zadány parametry zařízení: průměr trysky 3,2 mm a hodnota kalibračního koeficientu 0,696. Následně byly vypočteny hodnoty erozních parametrů. Ze 75 simulací bylo při určování erodovatelnosti 23 simulací vyřazeno. Důvodem bylo nerovnoměrné prohlubování kráteru, způsobené nehomogenitou půdního prostředí, kvůli kterému průběh hloubky kráteru neodpovídal výpočetní metodě „Scour depth“.

## VÝSLEDKY

Z použitých simulací byly vypočteny erozní parametry, jež jsou uvedeny v tabulkách níže (tab. 2, tab. 3).

Tab. 2. Výsledné hodnoty kritického tečného napětí

Tab. 2. Measured values of critical shear stress

| Povrch                       | Kritické tečné napětí [Pa] |      |            |           |
|------------------------------|----------------------------|------|------------|-----------|
|                              | Min.                       | Max. | Průměr     | Sm. odch. |
| Válcovaný úhor (8. 7. 2020)  | 1,3                        | 1,8  | <b>1,5</b> | 0,2       |
| Válcovaný úhor (10. 9. 2020) | 1,0                        | 1,5  | <b>1,2</b> | 0,2       |
| Seťové lože (21. 10. 2020)   | 3,8                        | 7,9  | <b>5,5</b> | 1,6       |
| Seťové lože (24. 10. 2020)   | 3,8                        | 9,5  | <b>5,5</b> | 1,5       |
| Seťové lože (25. 10. 2020)   | 2,6                        | 10,2 | <b>6,5</b> | 1,7       |

Vypočtené hodnoty průměrného kritického tečného napětí pro povrchy válcovaného úhoru se pohybují od 1,2 Pa do 1,5 Pa (tab. 2). Variabilita těchto hodnot je nízká (směrodatná odchylka 0,2 Pa). Tato variabilita je pravděpodobně způsobena drobnými rozdíly mezi půdními povrchy, jako jsou rozdílná objemová hmotnost, počáteční vlhkost či různá stabilita půdních agregátů. Jelikož u povrchu válcovaného úhoru nebyly měřeny hodnoty stability půdních agregátů a obsahu organického uhlíku, nelze jednoznačně určit důvod variability. V neposlední řadě může být mírná variabilita způsobena procesními chybami, které vznikly během simulací a vyhodnocení.

Vypočtené hodnoty průměrného kritického tečného napětí pro povrchy seťového lože dosahují vyšších hodnot (5,5–6,5 Pa) než u válcovaného úhoru. To je

způsobeno především vyšší objemovou hmotností. U seťového lože byla zaznamenána vyšší variabilita výsledných hodnot (směrodatná odchylka 1,5–1,7 Pa). Tato variabilita je pravděpodobně způsobena stejnými vlivy jako v předešlém případě, u seťového lože jsou však prostorově ještě výraznější.

Tab. 3. Výsledné hodnoty koeficientu erodovatelnosti

Tab. 3. Measured values of the erodibility coefficient

| Povrch                       | Koeficient erodovatelnosti [cm <sup>3</sup> .N <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> ] |        |              |           |
|------------------------------|---|--------|--------------|-----------|
|                              | Min.  | Max.   | Průměr       | Sm. odch. |
| Válcovaný úhor (8. 7. 2020)  | 182,5   | 1594,0 | <b>770,0</b> | 600,0     |
| Válcovaný úhor (10. 9. 2020) | 448,5   | 1415,1 | <b>881,4</b> | 280,8     |
| Seťové lože (21. 10. 2020)   | 19,2  | 424,2  | <b>121,2</b> | 132,6     |
| Seťové lože (24. 10. 2020)   | 12,4  | 315,2  | <b>111,3</b> | 88,8      |
| Seťové lože (25. 10. 2020)   | 8,2   | 621,0  | <b>148,8</b> | 183,1     |

Průměrné hodnoty koeficientu erodovatelnosti pro válcovaný úhor dosahují 770,0–881,4 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> a vykazují vysokou variabilitu (tab. 3). Důvodem variability jsou především značná nesoudržnost půdy (předem nakypřená a uválcovaná) a také vysoká citlivost koeficientu erodovatelnosti na změny ve velmi nízkých hodnotách kritického tečného napětí.

Průměrné hodnoty koeficientu erodovatelnosti seťového lože jsou výrazně nižší (111,3–148,8 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>), ale také vykazují vysokou variabilitu. Jelikož je tato půda soudržnější, hodnoty koeficientu erodovatelnosti jsou nižší. Příčiny vysoké variability jsou pravděpodobně stejné jako u válcovaného úhoru.

## DISKUZE

Pro otestování modifikovaného zařízení Mini-JET byly využity dva typy půdního povrchu. Byl to povrch válcovaného úhoru o objemové hmotnosti 1,35 g.cm<sup>-3</sup> a počáteční objemové vlhkosti 19,5 %, a povrch seťového lože o objemové hmotnosti 1,83 g.cm<sup>-3</sup>, počáteční vlhkosti 30,6 %, stabilitě půdních agregátů 58,2 % a obsahu organického uhlíku 1,53 %. Půda byla klasifikována jako prachovitá hlína (jíl – 9,0 %, prach – 56,3 %, písek – 34,7 %).

Po experimentech byl proveden výpočet erozních parametrů. U válcovaného úhoru byla průměrná hodnota kritického tečného napětí 1,4 Pa se směrodatnou odchylkou 0,2 Pa a průměrná hodnota koeficientu erodovatelnosti byla 825,7 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> se směrodatnou odchylkou 440,4 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>. Jelikož se v této studii testovalo zařízení Mini-JET poprvé na značně nesoudržné půdě, nelze výsledky s jinými obdobnými měřeními přímo porovnat.

Půdní povrch seťového lože byl soudržnější, průměrná hodnota kritického tečného napětí dosahovala 5,80 Pa, což je srovnatelné s měřením Mahaldera a kol. [9], kteří testovali půdu o objemové hmotnosti 1,80 g.cm<sup>-3</sup> a vlhkosti okolo 30 %. Při použití metody „Scour depth“ Mahalder a kol. [9] uvádějí výsledné průměrné kritické tečné napětí 6,9 Pa se směrodatnou odchylkou 3,8 Pa.

Průměrná hodnota koeficientu erodovatelnosti byla 127,1 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> se směrodatnou odchylkou 134,8 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>. Mahalder a kol. [9] uvádí výrazně nižší hodnotu, konkrétně 12,3 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> se směrodatnou odchylkou 13,0 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>. Nesourodost výsledků je způsobena pravděpodobně tím, že dosavadní studie [9–11] se věnovaly testováním zařízení na soudržných půdách (zejména půdy na březích vodních toků), oproti tomu tato studie testuje zařízení na nesoudržných půdách. Nicméně i zde dosahovala směrodatná odchylka měření stejných řádů

jako naměřené hodnoty koeficientu erodovatelnosti. Pomocí metody „Scour depth“ testovali soudržnost půdního povrchu také Daly a kol. [10], kteří u soudržných půd změřili kritické tečné napětí v rozmezí 1,2–16,4 Pa a koeficient erodovatelnosti 2,0–210,8 cm<sup>3</sup>.N<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>.

Velká variabilita erozních veličin zjištěná při měřeních se zařízeními typu JET nebo Mini-JET je tak charakteristická pro všechny typy půdních povrchů. Přesto jsou na různých půdách s odlišnou soudržností prokazatelně naměřeny hodnoty erodovatelnosti, jež jsou využitelné pro implementaci v erozních modelech. Na základě provedených testů lze proto konstatovat, že metodu lze uplatnit i na zemědělských půdách. Pro získání relevantních hodnot erodovatelnosti je však třeba provést vždy dostatečný počet replikací, aby i přes variabilitu naměřených hodnot byly průměrné hodnoty erodovatelnosti statisticky jasně prokazatelné.

Zde jsou uvedeny nejistoty a chyby, které mohly vzniknout při samotném terénním měření nebo při pozdějších výpočtech:

- **Nedokonalé odvodušnění systému** – při nedostatečném odvodušnění dochází k nesprávnému měření manometru a hodnoty nemusejí odpovídat skutečnosti. To se negativně promítne do vypočtených erozních koeficientů. Tato chyba byla kontrolou systému minimalizována.
- **Nehomogenní půdní prostředí** – metodika výpočtu erozních parametrů předpokládá homogenní půdní prostředí v místě simulace. Pokud půdní prostředí není homogenní, např. výskytem preferenčních makropórů (hlodavci aj.), dochází k ovlivnění výsledné hodnoty erozních parametrů.
- **Ovládání hloubkového měřidla** – pokud při měření dojde k příliš rychlému spuštění měřidla do kráteru, měřidlo se do půdy zaboří. Čtení je potom nadhodnocené a dno kráteru je pro následující časový úsek měření znehodnoceno. Vždy je potřeba hloubkové měřidlo spouštět do erozního kráteru pomalu a opatrně.
- **Výskyt nežádoucího předmětu v půdě** – jestliže se přímo v erozním kráteru vyskytne nežádoucí předmět, jako jsou například kameny či kořeny, prohlubování kráteru se zastaví.
- **Chybně určený kalibrační koeficient zařízení** – nesprávně stanovený kalibrační koeficient pro konkrétní zařízení vede k chybnému výpočtu erozních charakteristik.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo stanovit erodovatelnost nesoudržných zemědělských půd pomocí měření kritického tečného napětí. Pro určení kritického napětí byla využita inovativní technika založená na tzv. „Jet Erosion Testu“, erozní experimenty byly prováděny s využitím modifikovaného zařízení Mini-JET. U testovaného přístroje byla provedena kalibrace pro stanovení kalibračního koeficientu, který byl následně použit pro výpočet erozních parametrů. Následně bylo provedeno testování přístroje, jež probíhalo na experimentálních plochách v obce Řisuty (kambizem modální, prachovitá hlína). Testování probíhalo na dvou typech půdních povrchů (válnovaný úhor, seťové lože). Pomocí metody „Scour depth“ byly vypočteny kritické tečné napětí a koeficient erodovatelnosti.

Celkem bylo provedeno 75 simulací, z toho 23 simulací nebylo možno z důvodu nerovnoměrného průběhu využít pro určení erozních parametrů. Úspěšnost výpočtu erozních parametrů tak činila 69,3 %. Pro konsolidovaný půdní povrch po předchozích srážkách v úhrnu 35 mm bylo oproti čerstvě nakypřenému a válcovanému úhoru naměřeno čtyřikrát vyšší kritické tečné napětí (5,8 Pa oproti 1,4 Pa). To odpovídá přibližně 6,5krát nižšímu koeficientu erodovatelnosti. Z výsledku je zřejmé, že konsolidace povrchu vlivem předchozích srážek, vysychání a vznikající půdní kůrta se výrazně podílí na snížení erodovatelnosti, tedy zvýšení odolnosti půdy proti dalšímu rozrušování erozní účinnou srážkou. Čerstvě připravený úhor a relativně suchý povrch ihned po zasetí (počáteční objemová vlhkost 19 %) je při identických podmínkách více

náchylný k erozi než konsolidovaný povrch s měsíčním odstupem po kultivaci a s vyšší objemovou vlhkostí. Vztah ostatních parametrů k erodovatelnosti se prozatím nepodařilo experimentem prokázat.

Výrazná variabilita naměřených výsledků (směrodatná odchylka v řádu naměřených hodnot erodovatelnosti) je u podobných experimentů běžná, upozorňuje však na významnou nejistotu jednoho konkrétního měření, proto je třeba vždy provést dostatečný počet experimentů pro určení průkazných výsledků. I z toho důvodu byly rovněž popsány možné nejistoty a chyby, jichž se může uživatel této metody dopustit. V dalších experimentech bude cílem rovněž minimalizace možných metodických chyb. Z vypočtených výsledků erozních parametrů, které byly porovnány se zahraničními studiemi provedenými na soudržnějších půdách, vyplynulo, že zařízení použité v této studii lze použít pro měření kritického tečného napětí i na nesoudržných půdách, jakými jsou charakterizovány například zemědělské pozemky po předseťové přípravě a v průběhu sezony.

## Poděkování

Tato práce byla podpořena výzkumnými projekty LTAUSA19019, QK1920224, QK1810341 a SGS20/156/OHK1/3T/11.

## Literatura

- [1] POESEN, J. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms* [on-line]. 2018, 43(1), s. 64–84. ISSN 10969837. Dostupné z: doi:10.1002/esp.4250
- [2] BÁČOVÁ, M., KRÁSA J. Application of historical and recent aerial imagery in monitoring water erosion occurrences in Czech highlands. *Soil and Water Research* [on-line]. 2016, 11(No. 4), s. 267–276. ISSN 18015395. Dostupné z: doi:10.17221/178/2015-SWR
- [3] WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. *Agriculture handbook no. 537*. 1978, (537). ISSN 0002-8606.
- [4] VAN ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., GOVERS, G., POESEN, J. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms* [on-line]. 2001, 26(11). ISSN 01979337. Dostupné z: doi:10.1002/esp.275
- [5] MORGAN, R. P. C., NEARING, M. A. *Handbook of Erosion Modelling* [on-line]. 2011. Dostupné z: doi:10.1002/9781444328455
- [6] SCHMIDT, J. A mathematical model to simulate rainfall erosion. *Catena Supplement*. 1991, 19.
- [7] RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., MCCOOL, D. K., YODER, D. C. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)* [on-line]. 1997. ISBN 0160489385. Dostupné z: doi:DCO-16-048938-5 65–100
- [8] LÉONARD, J., RICHARD, G. Estimation of runoff critical shear stress for soil erosion from soil shear strength. *Catena* [on-line]. 2004, 57(3), s. 233–249. ISSN 03418162. Dostupné z: doi:10.1016/j.catena.2003.11.007
- [9] MAHALDER, B., SCHWARTZ, J. S., PALOMINO, A. M., ZIRKLE, J. Estimating erodibility parameters for streambanks with cohesive soils using the mini jet test device: A comparison of field and computational methods. *Water (Switzerland)* [on-line]. 2018, 10(3), s. 1–20. ISSN 20734441. Dostupné z: doi:10.3390/w10030304
- [10] DALY, E. R., FOX, G. A., AL-MADHHACHI, A. T., MILLER, R. B. A scour depth approach for deriving erodibility parameters from jet erosion tests. *Transactions of the ASABE* [on-line]. 2013, 56(6), s. 1343–1351. ISSN 21510032. Dostupné z: doi:10.13031/trans.56.10350
- [11] HANSON, G. J., COOK, K. R. Apparatus, test procedures, and analytical methods to measure soil erodibility in situ. *Applied Engineering in Agriculture*. 2004, 20(4), s. 455–462. ISSN 08838542.
- [12] VRÁNA, M. *Testování nové konstrukce Minijetu pro odhad kritického tečného napětí v erozním výzkumu*. B. m., 2021. České vysoké učení technické v Praze
- [13] HANSON, G. J., ROBINSON, K. M., TEMPLE, D. M. Pressure and stress distributions due to a submerged impinging jet. *Hydraulic Engineering – Proceedings of the 1990 National Conference*. 1990, s. 525–530
- [14] HANSON, G. J., COOK, K. R. Development of excess shear stress parameters for circular jet testing. *Paper – American Society of Agricultural Engineers*. 1997, 2. ISSN 01450166.
- [15] KHANAL, A., FOX, G. A., AL-MADHHACHI, A. T. Variability of Erodibility Parameters from Laboratory Mini Jet Erosion Tests. *Journal of Hydrologic Engineering* [on-line]. 2016, 21(10), 04016030. ISSN 1084-0699. Dostupné z: doi:10.1061/(asce)he.1943-5584.0001404





[16] AL-MADHHACHI, A. T., HANSON, G. J., FOX, G. A., TYAGI, A. K., BULUT, R. Deriving Parameters of a Fundamental Detachment Model for Cohesive Soils from Flume and Jet Erosion Tests. *Transactions of the ASABE* [on-line]. 2013, 56(2), s. 489–504. ISSN 2151-0032. Dostupné z: doi:10.13031/2013.42669

[17] SIMON, A., THOMAS, R. E., KLIMERTZ, L. Comparison and Experiences With Field Techniques To Measure Critical. *2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas*. 2010, 826, 13

[18] AL-MADHHACHI, A. T., HANSON, G. J., FOX, G. A., TYAGI, A. K., BULUT, R. Measuring soil erodibility using a laboratory "Mini" JET [on-line]. 2013, 56(3), s. 901–910. Dostupné z: doi:10.13031/trans.56.9742

[19] MAHALDER, B. *Jet Erosion Test Spreadsheet Tool*. 2014

[20] ROUDNICKÁ, A., DOSTÁL, T., KRÁSA, J., MISTR, M., NOVOTNÝ, I., ZUMR, D., KAVKA, P., NEUMANN, M., STAŠEK, J. Způsob stanovení ochranného vlivu vegetace před erozí půdy pomocí mobilního dešťového simulátoru. *Vodní hospodářství*. 2018, 12, s. 18–23

[21] BLAISDELL, F. W., ANDERSON, C. L., HEBAUS, G. G. Ultimate dimensions of local scour. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* [on-line]. 1981, 107(HY3, Proc. Paper, 16144). ISSN 2690-2524. Dostupné z: doi:10.1061/JYCEAJ.0005630

## Autoři

### Ing. Michal Vrána<sup>1</sup>

✉ michal.vrana@fsv.cvut.cz  
ORCID: 0000-0002-9849-0217

### Ing. David Zumr, Ph.D.<sup>1</sup>

✉ david.zumr@fsv.cvut.cz  
ORCID: 0000-0002-0330-7716

### doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.<sup>1</sup>

✉ josef.krasa@fsv.cvut.cz  
ORCID: 0000-0003-4067-5806

### doc. Dr. Ing. Tomáš Dostál<sup>1</sup>

✉ dostal@fsv.cvut.cz  
ORCID: 0000-0003-3984-3462

### prof. John S. Schwartz, Ph.D.<sup>2</sup>

✉ jschwart@utk.edu  
ORCID: 0000-0001-6880-3633

<sup>1</sup>Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze

<sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Tennessee, Knoxville

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.07.001

## MINI-JET DEVICE AS A TOOL FOR DETERMINATION OF SOIL ERODIBILITY CHARACTERISTICS

VRÁNA, M.<sup>1</sup>; ZUMR, D.<sup>1</sup>; KRÁSA, J.<sup>1</sup>; DOSTÁL, T.<sup>1</sup>; SCHWARTZ, J. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering

<sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Tennessee, Knoxville

**Keywords:** Mini-JET – critical shear stress – erodibility coefficient – incohesive soil

The article describes a method for determining the erodibility of incohesive agricultural soils by means of the critical shear stress measuring. The "Jet Erosion Test" (JET) was used to determine the critical shear stress. The measurement was performed using a modified Mini-JET device. The device is very suitable for field measurements, because it is small, light, requires a relatively small amount of water, and can be operated by single person. The principle of measuring the critical shear stress of the soil is based on monitoring the rate of erosion crater formation by the action of a water jet of known kinetic energy. Based on the erosion crater development, the erosion parameters of the soil, such as the critical shear stress and the erodibility coefficient, can be calculated.

All Mini-JET experiments were performed on experimental plots near Řisuty (central Czechia). Two different types of soil surface were utilized for the experiments. Bulk density, soil texture, soil water content, aggregate stability, and total organic carbon were determined. A total of 75 simulations were performed.

A large variability of the soil parameters was found, which is characteristic for agricultural topsoils. Nevertheless, the determined values of the erodibility coefficient are comparable with the previously published values and can thus be used for implementation in the physically based soil erosion models. Based on the tests performed, it can be stated that the Mini-JET method is feasible for agricultural soils. However, in order to obtain representative erodibility values, a sufficient number of replications must be performed.

# Problematika interpretace archivních mapových podkladů v případě mokřadních biotopů

PAVEL RICHTER

**Klíčová slova:** archivní mapy — mokřady — zadržování vody v krajině — nivy vodních toků — rybníky

## SOUHRN

V tomto článku jsou představeny dostupné on-line archivní mapové podklady ze stránek Archivu Zeměměřického úřadu a Laboratoře geoinformatiky Fakulty životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, které poskytují přehled o historické lokalizaci mokřadních biotopů. Hlavní výzkumnou otázkou je potenciál využitelnosti jednotlivých mapových děl pro identifikaci historických mokřadů v České republice a vyhodnocení rozdílné interpretace mokřadních biotopů na těchto podkladech. Jsou zde prezentovány příklady znázornění mokřadů na historických mapových podkladech v horní části povodí Výrovky.

## ÚVOD

V České republice je k dispozici velké množství různých archivních mapových podkladů, ať už ve formě poskytování kopií za úplatu, pomocí WMS služeb, nebo jen pro prohlížení na webových aplikacích. Doposud tyto podklady byly rozptýleny na několika internetových stránkách různých institucí [1]. Nyní jsou dostupné téměř všechny na jednom místě – na webové aplikaci Archiv Zeměměřického úřadu [2]. Podklady jsou rozděleny do dvou základních skupin, a to „Archivní mapy“ a „Letecké měřické snímky“ (LMS). Po kliknutí do určitého místa v mapě se zobrazí dostupné archiválie, které je možno v aplikaci rovnou objednat. Nejzajímavější z hlediska zobrazení historického krajinného pokryvu jsou mapy stabilního katastru, Vojenské topografické mapy v systému S-1952 a Státní mapa 1 : 5 000. Dále je tu sbírka map a plánů vydaných od poloviny 16. století do roku 1850. V sekci „Letecké měřické snímky“ jsou k dispozici LMS od třicátých do šedesátých let 20. století a od začátku 21. století momentálně do roku 2019. V této sekci jsou informace o konkrétních letech snímkování v oblasti od sedmdesátých let 20. století po začátek 21. století, ovšem na existenci konkrétního LMS z tohoto období, případně jeho získání, je potřeba vznést dotaz na zde uvedený e-mail ([zu-obchod@czk.cz](mailto:zu-obchod@czk.cz)). Mapové listy Müllerova mapování a všech tří vojenských mapování jsou umístěny na stránkách Laboratoře geoinformatiky Fakulty životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem [3]. Kromě samotných mapových listů je tu dostupný také klad mapových listů a interpretační klíč (ten pouze pro I. [4] a II. [5] vojenské mapování).

Samozřejmě mapy II. a III. vojenského mapování jsou mj. stále k dispozici na Národním geoportálu INSPIRE jako WMS služba [6]. Na webu Geografické služby AČR [7] se pořád ještě nachází sekce nabízející historické LMS, ale nyní již odkazuje přímo na stránky Archivu Zeměměřického úřadu [2].

## POPISOVANÉ ARCHIVNÍ MAPOVÉ PODKLADY

### Müllerovo mapování

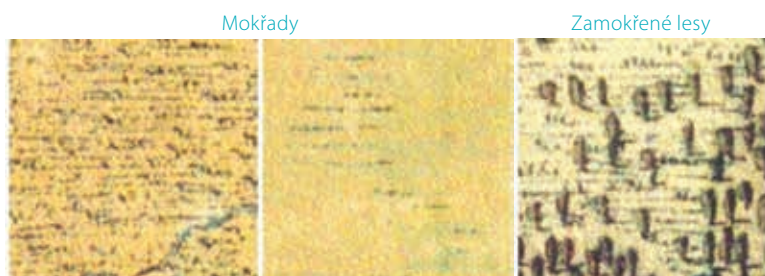
Nejstarším tady prezentovaným mapovým podkladem je Müllerova mapa Čech z roku 1720, respektive Moravy z roku 1716 v měřítku přibližně 1 : 132 000. Vznikla na základě vojenských, správních a hospodářských požadavků tehdejší monarchie. Při srovnání obsahu mapy s mladšími kartografickými prameny velkých a středních měřítek vypovídají Müllerovy mapy o tom, jak se měnila krajina poznamenaná vlivem přírodních podmínek a činností člověka během staletí a co zůstalo v krajině paměti do současnosti [8]. Nevýhodou pro podrobné srovnání vývoje krajiny s následujícími mapovými podklady je jeho nevyhovující prostorová přesnost.

### První vojenské mapování

Podkladem I. vojenského mapování byla Müllerova mapa zvětšená do měřítka 1 : 28 800. Byla zpracována na základě pouhého pozorování v terénu. Před mapováním nebyla z finančních a časových důvodů vybudována síť přesně určených trigonometrických bodů. Proto nebylo možné sestavit přehlednou mapu celé monarchie. Kresbu jednotlivých mapových listů nešlo jednoznačně napojit, bortila se nebo se překrývala. Význam I. vojenského mapování spočívá nejvíce v jeho podrobnosti a v čase jeho zhotovení. Zachycuje území Čech, Moravy a Slezska jako celek před nástupem průmyslové revoluce, v době největšího rozkvětu kulturní barokní krajiny a její nejvyšší diverzity [9]. Stejně jako u Müllerova mapování je nevýhodou malá prostorová přesnost. V klíči k legendě I. vojenského mapování [4] jsou bažiny a mokřady znázorněny pomocí neohrazené tmavě modré vodorovné šrafy nepravidelné délky zpravidla na zeleném podkladě. Jsou zde odlišeny také zamokřené lesy (*obr. 1*). Dále jsou tu znázorněny louky a pastviny na vlhkých a mezických stanovištích hráškově zeleným tónováním. Vzhledem k nejasnému ohraničení těchto ploch v době mapování a také k následnému poškození některých mapových sekcí a obecně zestárnutí může tento mapový podklad sloužit pouze pro hrubou identifikaci či detekci mokřadů v dané lokalitě.

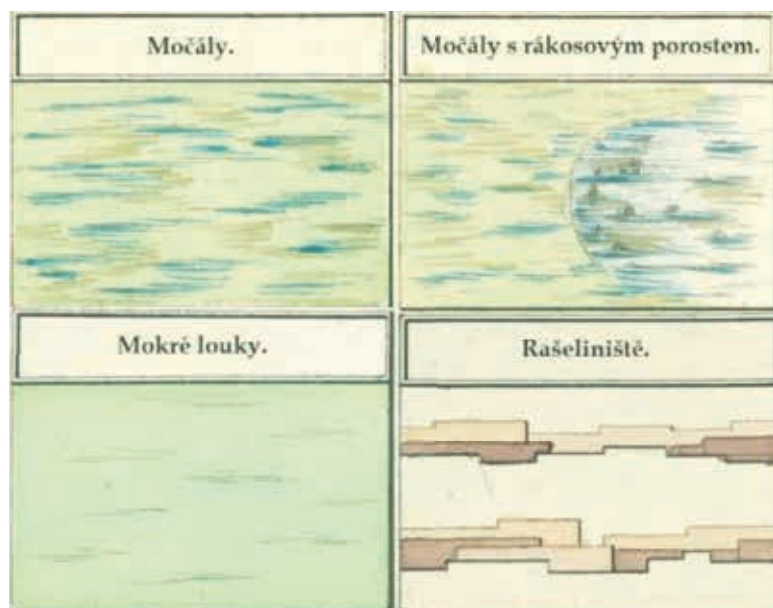
### Stabilní katastr

Nejstarším využitelným mapovým podkladem s podrobným zobrazením mokřadů jsou mapy stabilního katastru, přesněji řečeno Indikační skici a z nich odvozené Císařské otisky. Je na nich zaznamenán historický stav krajiny



Obr. 1. Interpretace mokřadů (bez rybníků) na mapě I. vojenského mapování [4]  
Fig. 1. Interpretation of wetlands (excluding ponds) on the map of I. Military mapping [4]

z poloviny 19. století. Mapy byly vyhotoveny v měřítku 1 : 2 880, respektive 1 : 5 760 v horských oblastech. Originální mapy byly pořizovány v terénu a zachycují skutečný stav krajiny před rozmachem průmyslové revoluce, tj. období 1824–1836 (Morava a Slezsko) a 1826–1843 (Čechy). Pro interpretaci stavu krajiny se využívají častěji Císařské otisky stabilního katastru. Indikační skici slouží pro upřesnění v případě nejasností anebo v případě, že se Císařské otisky nedochovaly. V originální legendě Císařských otisků jsou čtyři základní zobrazení mokřadů: močály, močály s rákosovým porostem, mokré louky a rašelinště [1, 10] (obr. 2). Mapy zobrazují také rybníky, které z definice patří mezi mokřady, ale zároveň jsou nejčastěji přiřazovány k vodním plochám. Při mapování stabilního katastru docházelo k různým odchýlkám od předepsané legendy, nicméně téměř ve všech obdobích se vyskytují – kromě základního zobrazení mokřatých luk – také mokré louky s dřevinami. Většinou se jedná o symbol listnatých stromů, stejný jako u zobrazení listnatých lesů. Existují však také mapové listy se symbolem ovocných stromů na podkladě mokřatých luk, obdobně jako na zobrazení ovocných zahrad a polí nebo luk s ovocnými stromy [1]. Jejich nevýhodou pro využití k analýzám krajinných změn v prostředí GIS je nutnost georeferencování jednotlivých mapových listů, jelikož byly vytvářeny jako soubor obrázků, tzn. nespojených mapových listů.



Obr. 2. Interpretace mokřadů (bez rybníků) v legendě Císařských otisků stabilního katastru [1, 10]

Fig. 2. Interpretation of wetlands (excluding ponds) in the legend of the Imperial Imprints of the Stable Cadastre [1, 10]

## Druhé vojenské mapování

Pro primární detekci výskytu mokřadů je nevhodnější relativně polohově přesná mapa II. vojenského mapování, zpracovaná v měřítku 1 : 28 800 [1]. Jejím vzniku předcházela vojenská triangulace, jež sloužila jako geodetický základ tohoto díla; použitým podkladem byly mapy stabilního katastru, oproti I. vojenskému mapování se tedy zvýšila přesnost zobrazení. Obsah obou map je v podstatě totožný, avšak zobrazovaná situace se výrazně liší. Mapa II. vojenského mapování vznikala v době nástupu průmyslové revoluce a rozvoje intenzivních forem zemědělství, kdy výměra orné půdy vzrostla za 100 let o polovinu, plochy lesa dosáhly historicky nejmenšího rozsahu a jsou zde zaznamenány první železniční tratě [11]. V klíči k legendě u II. vojenského mapování [5] jsou bažiny a mokřady znázorněny podobně jako u I. vojenského mapování neohrazenou tmavě modrou vodorovnou šrafou, někdy doplněnou světle zeleným tónováním nebo symboly vegetace, a jsou tu opět odlišeny zamokřené lesy (obr. 3). Louky jsou vyznačeny různě sytými světlou zelenou barvou, kde není jednoznačně určen stupeň podmáčení jednotlivých lokalit, uvažovalo-li se vůbec o něm. Vzhledem k nejasnému ohraničení těchto ploch v době mapování a nejednoznačnosti v legendě ohledně mokřadů, ale zároveň i k celkem přesnému polohovému zobrazení může mapový podklad sloužit pro primární identifikaci či detekci mokřadů v dané lokalitě pro podrobné zpracování pomocí map stabilního katastru.



Obr. 3. Interpretace mokřadů (bez rybníků) na mapě II. vojenského mapování [5]  
Fig. 3. Interpretation of wetlands (excluding ponds) on the map II. of Military mapping [5]

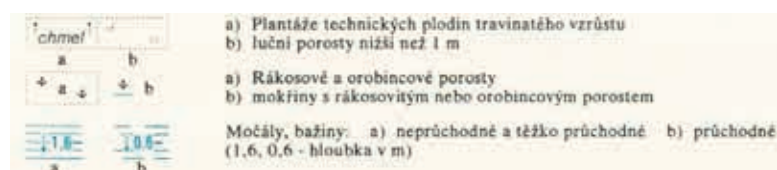
## Topografické mapy v systému S-1952

Na webové aplikaci Archiv Zeměměřického úřadu [2] jsou tyto mapy k dispozici v měřítku 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000 a 1 : 500 000. Pro detekci mokřadů v krajině, respektive identifikaci krajinných změn, jsou nevhodnější první dvě jmenované. Topografická mapa 1 : 10 000 byla zpracována a vydána na základě usnesení vlády č. 1391 z roku 1955 na celém území Československa, s výjimkou důležitých národohospodářských oblastí, kde byla zpracována topografická mapa 1 : 5 000, a je zde zobrazen stav území v letech 1958–1971. Topografická mapa 1 : 25 000 byla zpracována a vydána na základě usnesení vlády č. 35 z roku 1953. Z těchto map byly postupně odvozeny topografické mapy měřítek 1 : 50 000 až 1 : 500 000 a zobrazují stav území v letech 1953–1960 [12]. V legendě topografických map v systému S-1952 jsou zaznamenány mokřady jako močály a bažiny neprůchodné nebo průchodné s uvedením jejich hloubky v metrech a také jako mokřiny s rákosovým nebo orobincovým porostem či jen rákosové a orobincové porosty (obr. 4). Zajímavým doplněním je rovněž kategorie luční porosty nižší než 1 metr, které se často vyskytují v lokalitách, kde na mapách stabilního katastru byla mokrá louka [13].

## Státní mapa 1 : 5 000

Státní mapa 1 : 5 000, vydávaná postupně od roku 1950, byla zamýšlena jako provizorium. Pro první vydání byl polohopis odvozen z katastrálních map a výškopis z nevhodnějších existujících podkladů, například z topografických map

v systému S-1952. Až do roku 1990 tyto mapy nebyly určeny veřejnosti a směly se používat pouze pro vnitřní potřebu státních orgánů. Na webově aplikaci Archiv Zeměměřického úřadu [2] jsou tyto mapy k dispozici ve verzích od padesátých let 20. století až po začátek 21. století, a jsou tak vhodným podkladem pro interpretaci archivních LMS.



Obr. 4. Interpretace mokřadů (bez rybníků) v legendě Topografických map v systému S-1952 [13]

Fig. 4. Interpretation of wetlands (excluding ponds) in the legend of Topographic Maps in the S-1952 system [13]

## Archivní letecké měřické snímky – LMS

Jednotlivé snímky LMS je pro využití v GIS nutno georeferencovat. Jsou dostupné pro konkrétní lokalitu vždy podle toho, jak proběhlo snímkování v jednotlivých letech. Každý rok byla snímkována pouze část území, navíc některé snímky se nemusely dochovat. Na webově aplikaci Archivu Zeměměřického úřadu [2] v sekci „Letecké měřické snímky“ jsou k dispozici LMS od třicátých do šedesátých let 20. století a od začátku 21. století momentálně do roku 2019. Dále je zde informace o konkrétních letech snímkování v oblasti od sedmdesátých let 20. století po začátek 21. století. Získání archivních LMS, jež nejsou k dispozici na Archivu Zeměměřického úřadu, je možné na webu Geografické služby AČR [7].

## PŘÍKLADY INTERPRETACE KRAJINNÉHO POKRYVU NA POVODÍ VÝROVKY

Prvním tady prezentovaným zobrazením archivním mapovým podkladem je horní (pramenná) část povodí Výrovky na Müllerově mapě Čech z roku 1720. Nevýhodou tohoto díla je samozřejmě polohová nepřesnost, nicméně dobře poslouží k vytvoření představy o podobě krajiny v tomto období. Nejzajímavější je zobrazení vodních toků a ploch (rybníků). Na základě interpretace pozdějších mapových podkladů je možné celkem přesně zobrazit síť vodních ploch v roce 1720. U vodních toků tomu tak již není, na území zcela chybí zobrazení Výrovky nad Uhlířskými Janovicemi (lanowitz) a na mapě je pouze Anenský potok (pramení u Sudějova) a Ostašovský potok, v jehož pramenné oblasti se nachází trojice rybníků. Nicméně vodní toky jsou tu schematicky znázorněny jako meandrující, což zcela jistě odpovídá historické skutečnosti (obr. 5).

Stejná oblast je zobrazena na mapě I. vojenského mapování, která je zpracována v podrobnějším měřítku, a tak zde již Výrovka nad Uhlířskými Janovicemi (Janowitz) zaznamenána je. Opět jsou tu znázorněny meandrující vodní toky a v nivě jsou již zobrazeny luční porosty, případně bažiny. Totéž platí i o vodních plochách (rybnících). Oproti Müllerovu mapování jsou tady věrněji zobrazeny rozlohy sídel a lesních porostů. Na základě interpretace této mapy je pravděpodobné, že níže popisovaná lokalita U Stratinek byla v tomto období obklopena lesem, nikoli ornou půdou (obr. 6). Na obr. 7 je zachycen stav bažin a močálů v okolí rybníků na území Chmeliště a Bláta. Také v této zóně je více lesních porostů než v současnosti.

Na příkladu nivy Výrovky na hranici k. ú. Uhlířské Janovice a Žišov je znázorněn rozdíl v zakreslování mokřadů na mapách I. vojenského mapování a stabilního katastru. Zatímco I. vojenské mapování zachycuje v nivě luční porosty a zde v jedné lokalitě bažinu, na stabilním katastru jsou v nivě zobrazeny mokré



Obr. 5. Zobrazení horní (pramenné) části povodí Výrovky na Müllerově mapování [15]

Fig. 5. Depiction of the upper (source) part of the Výrovka River basin on Müller's mapping [15]



Obr. 6. Zobrazení horní (pramenné) části povodí Výrovky na mapě I. vojenského mapování [16]

Fig. 6. Depiction of the upper (source) part of the Výrovka River basin on the map of I. Military mapping [16]



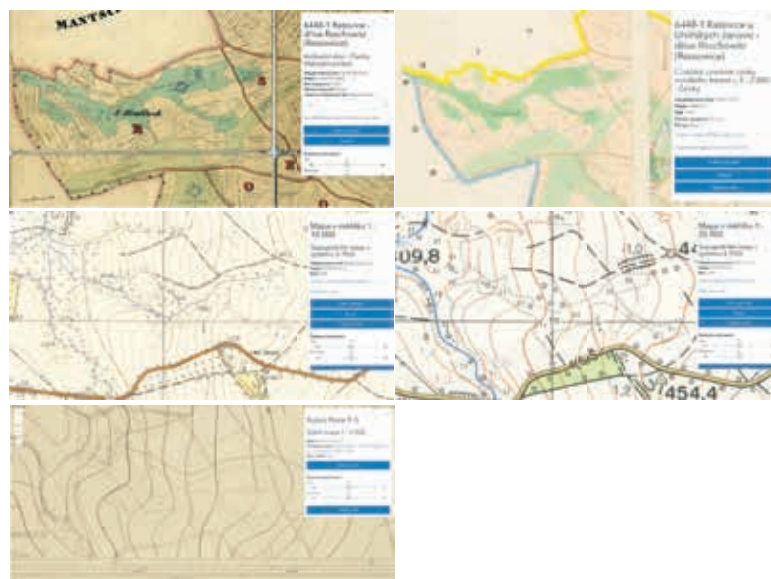
Obr. 7. Příklad zobrazení bažin a močálů v okolí rybníků na mapě I. vojenského mapování na území současných k. ú. Chmeliště a Bláto [16]  
 Fig. 7. Example of depiction of swamps around ponds on the map of I. Military mapping in current cadastral territories of Chmeliště and Bláto [16]



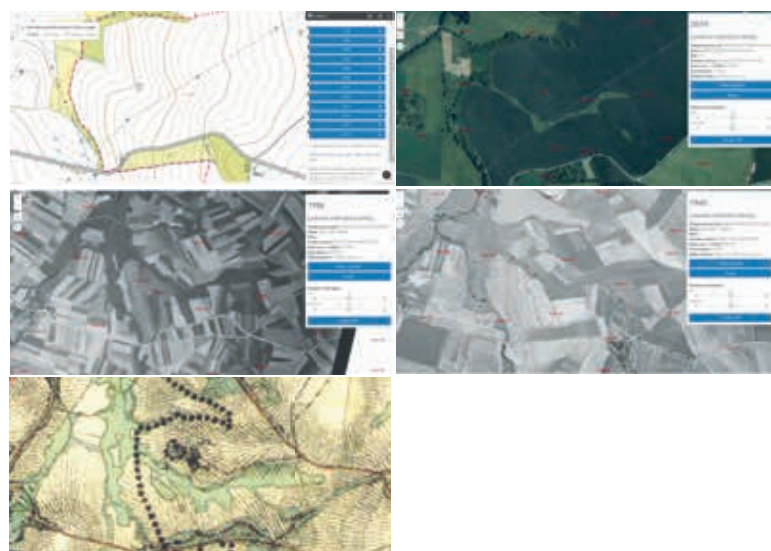
Obr. 8. Příklad rozdílné interpretace mokřadů v nivě Výrovky na mapě I. vojenského mapování [16] a na Císařských otiscích stabilního katastru na hranici k. ú. Uhlířské Janovice a Žišov [17]  
 Obr. 8. Example of different interpretation of wetlands in Výrovka River floodplain on the map of I. Military mapping [16] and on the Imperial Imprints of the Stable Cadastre on the border of cadastral territories of Uhlířské Janovice and Žišov [17]

louky (obr. 8). Na mapách stabilního katastru obecně v nivách vodních toků převažují mokré louky, v některých lokalitách mokré louky s dřevinami a občas se v nivách vyskytují louky „suché“.

Níže je podrobněji prezentována lokalita U Stratinek, nacházející se v k. ú. Rašovice u Uhlířských Janovic. Na Indikačních skicách i Císařských otiscích stabilního katastru jsou v lokalitě zakresleny mokré louky, konfigurací indikující prameniště. V mapách stabilního katastru nebyly často uváděny drobné vodní toky, proto lze na základě těchto podkladů o prameništi jenom spekulovat. Na Topografické mapě 1 : 10 000 z roku 1952 již drobný vodní tok zaznamenán je, ale na Topografické mapě 1 : 25 000 z roku 1956 a na Státní mapě 1 : 5 000 z roku 1962 tam opět není. Na všech těchto podkladech z 20. století je v lokalitě zanesen luční porost (obr. 9). Na obr. 10 je porovnání zakreslení lokality U Stratinek na současně Základní mapě České republiky 1 : 10 000 (ZM 10) a mapě II. vojenského mapování 1 : 28 800. V současnosti je na mapě ZM 10 jenom orná půda a na mapě II. vojenského mapování je zakreslena rozsáhlá lokalita lučních porostů, ačkoli historická mapa je v méně podrobném měřítku. Současná ortofotomapa (2019)



Obr. 9. Příklad rozdílné interpretace krajinného pokryvu v lokalitě U Stratinek v k. ú. Rašovice na Indikačních skicách [18] a Císařských otiscích stabilního katastru [19], na Topografických mapách v systému S-1952 1 : 10 000 [20] a 1 : 25 000 [21] a na Státní mapě 1 : 5 000 (1962) [22]  
 Fig. 9. Example of different interpretation of land cover in the place U Stratinek in cadastral territory of Rašovice on Indication sketches [18] and Imperial Imprints of the Stable Cadastre [19], on Topographic maps in the S-1952 system 1 : 10 000 [20] and 1 : 25 000 [21] and on the State map 1 : 5 000 (1962) [22]



Obr. 10. Lokalita U Stratinek v k. ú. Rašovice na současně Základní mapě ČR 1 : 10 000 [2], současně ortofotomapě (2019) [23], na leteckých měřicích snímcích z let 1938 [24] a 1960 [25] a na mapě II. vojenského mapování [26]  
 Fig. 10. Place U Stratinek in cadastral territory of Rašovice on the current Basic Map of the Czech Republic 1 : 10 000 [2], the current orthophotomap (2019) [23], on archival aerial photographs from years 1938 [24] and 1960 [25] and on the map of II. Military mapping [26]

zobrazuje v této lokalitě luční ekosystém, který byl při terénním průzkumu potvrzen jako prameniště. Nicméně současný stav lokality není výsledkem cíleného managementu, ale pouze odrazem aktuálního stavu půdy, která neumožňuje obdělávání [1]. Pro porovnání je na obr. 10 lokalita u Stratinek zobrazena také na LMS z let 1938 a 1960. Je patrné, že prameniště tu bylo v obdobném

rozsahu na obou snímcích. Rozdílem mezi oběma obdobími je zvětšení rozlohy obhospodařovaných pozemků, ačkoli oproti současnosti je stav v roce 1960 mnohem příznivější.

Coby příklad interpretace mokřadů na obdobných podkladech jako v lokalitě u Stratinek byla vybrána oblast u rybníka Stojespal a u Mlékovického rybníka na vodním toku Bečvárka v povodí Výrovky. Na Císařských otiscích stabilního katastru jsou u obou rybníků zakresleny mokré louky, u Mlékovického rybníka navíc doplněné kresbou močálu. Pod hrází Mlékovického rybníka je zakreslena bažina na pastvině. Na Topografické mapě 1 : 10 000 z roku 1967 je před Mlékovickým rybníkem zakreslena bažina (částečně s rákosovým nebo orobincovým porostem) na obdobném místě jako na stabilním katastru; další zobrazení se liší, bažina není pod hrází Mlékovického rybníka, nýbrž před rybníkem Stojespal. V nivě Bečvárky jsou znázorněny luční porosty. Na Topografické mapě 1 : 25 000 z roku 1956 ani na Státní mapě 1 : 5 000 z roku 1969 bažiny nejsou zakresleny, ale zobrazení lučních porostů odpovídá předchozí mapě (obr. 11).



Obr. 11. Příklad interpretace mokřadů u rybníka Stojespal a u Mlékovického rybníka na Císařských otiscích stabilního katastru [27], na Topografických mapách v systému S-1952 1 : 10 000 [28] a 1 : 25 000 [29] a na Státní mapě 1 : 5 000 (1969) [30]

Fig. 11. Example of interpretation of wetlands around Stojespal pond and Mlékovice pond on Imperial Imprints of the Stable Cadastre [27], on Topographic maps in the S-1952 system 1 : 5 000 [28] and 1 : 25 000 [29] and on the State map 1 : 5 000 (1969) [30]

## DISKUZE A ZÁVĚR

Článek se zabývá archiváliemi, jež jsou bezproblémově on-line přístupné, což umožňuje jejich široké uplatnění. Popisuje stránky, které zachytily současný trend digitalizace různých archivních fondů a materiálů. Jedním z cílů bylo jednoduše a přehledně popsat současnou situaci a pomoci s orientací v problematice archivních mapových podkladů týkajících se mokřadů a vody v krajině. Mezi archivními mapovými podklady, jež poskytují přehled o historické lokalizaci mokřadních biotopů (včetně rybníků), jsou značné rozdíly jak v polohové přesnosti, tak ve způsobu interpretace krajinného pokryvu, respektive v kategorizaci podmáčených biotopů. Všechny zde představené archivní mapové podklady mají velký potenciál využitelnosti pro identifikaci historických mokřadů na území České republiky, avšak spíše při jejich vzájemné kombinaci nebo doplnění údajů, které na některém podkladě chybí. Výjimkou je Müllerovo mapování, kde lze smysluplně využít zřejmě jen zobrazení vodních ploch (rybníků) jako doplněk k novějším podkladům. Vodní toky tu nejsou zakresleny všechny.

Jednotlivé mapové podklady při vzájemném porovnávání nelze brát zcela nekriticky z důvodu rozdílné interpretace krajinného pokryvu, respektive mokřadních biotopů zakreslených v těchto podkladech.

Mapy I. a II. vojenského mapování mají kategorii podmáčené lesy a nejsou v nich úplně jasně rozlišovány typy lučních porostů z hlediska jejich zamokření. Na mapách stabilního katastru jsou typy lučních porostů naopak kategorizovány a vyskytují se tu mokré louky, ale zase ne podmáčené lesy. Další mapové

podklady nerozlišují typy luk na mokré a „suché“ a v rámci zobrazení bažin je hranice většinou neostrá. V Topografických mapách v systému S-1952 1 : 10 000 jsou zobrazovány všechny drobné vodní toky, v jiných podkladech nikoli. Při nesprávné interpretaci archivních mapových podkladů by vodní toky mohly zmizet a zase se objevovat, stejně tak podmáčené lesy nebo bažiny. Taktéž by se na mapách stabilního katastru ve velkém počtu objevovaly a v dalších letech pak zmizely i mokré louky. Ovšem z kritického srovnání historických a současných podkladů lze vyvodit, že mokré louky od padesátých let 20. století z naší krajiny opravdu téměř zmizely. V podstatě lze jen polemizovat o tom, zda to je z hlediska krajinných funkcí a vody v krajině opravdu podstatná negativní změna, když jsou historické mokré louky v současnosti lokalizovány na „suchých“ loukách anebo v křovinách, případně v lese.

V příspěvku jsou prezentovány příklady znázornění mokřadů na historických mapových podkladech v horní části povodí Výrovky, kde jsou výše popsané rozdíly a z nich pramenící potenciální nepřesnosti při doslovné interpretaci mapových podkladů znázorněny na konkrétních lokalitách. Např. v lokalitě U Stratinek by se při takové interpretaci z mokřadů staly pouze louky „suché“ a v padesátých letech 20. století by se tam objevil a poté zmizel drobný vodní tok. Z doplňujících analýz této lokality [1] je zřejmé, že zde bylo historicky prameniště, jež bylo zlikvidováno a postupně přeměněno na ornou půdu melioracími na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let 20. století. Na počátku 21. století přestávají meliorace plnit svou funkci, podmáčenou půdu již nelze soudobou technikou obhospodařovat a za pomoci sukcese se tu prameniště opět obnovilo. Topografické mapy v systému S-1952 a Státní mapa 1 : 5 000 společně s historickými LMS ukazují, že na současných velkých plochách orné půdy bylo ještě během šedesátých a sedmdesátých let 20. století (tedy již v rámci kolektivizace a scelování pozemků) velké množství drobných lokalit s lučními porosty (tyto podklady nerozlišovaly louky podle zamokření), které se vyskytovaly převážně ve stejných či obdobných lokalitách, kde byly na mapách stabilního katastru zakresleny mokré louky. V příspěvku je prezentováno pouze několik lokalit jako příklad, nicméně existuje řada dalších obdobných oblastí, které potvrzují, že se jednalo o trend ve způsobu hospodaření v krajině na území České republiky.

Samozřejmě že na téma digitalizace archivních mapových podkladů nebo hodnocení vývoje krajiny na základě jejich interpretace existuje velké množství literárních zdrojů, např. příspěvek s informacemi o digitalizaci mapové sbírky Geografického ústavu Masarykovy univerzity [31]. Tématem využití informací ze starých map se zabýval např. Russnák et al. [32], Havlíček et al. [33], Trpáková [34], Kupka [35], Semotánová [36, 37, 38] nebo Moreira et al. [39]. Archivní mapové podklady pro vyhodnocení krajinného vývoje konkrétního území využili např. Lipský pro Novodvorskou a Žehušicko [40, 41], Trpáková et al. pro Sokolovsko [42] nebo Gimmi et al. pro analýzu zmizelých mokřadů v nížinách Švýcarska [43].

Závěrem lze potvrdit vhodnost využití v příspěvku uvedených mapových podkladů při navrhování (obnově) ekologicky významných prvků (EVP) či prostě prvků pro zvýšení ekologické stability současné krajiny pro zadržení vody v krajině, ať již v rámci plánu společných zařízení při pozemkových úpravách [44, 45], nebo vymezení skladebných částí ÚSES (Územní systém ekologické stability), zejména interakčních prvků [46, 47]. Historická lokalizace takových prvků je silným argumentem pro jejich obnovu, zejména při současné klimatické změně. Navíc i v současném systému vyplácení dotací subjektům hospodařícím na zemědělské půdě [48, 49] se s takovými prvky v rámci vymezení EVP v LPIS (registr půdy sloužící k evidenci zemědělské půdy za účelem vyplácení dotací) počítá, i když v minimalistickém rozsahu.



## Autoři

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

✉ [pavel.richter@vuv.cz](mailto:pavel.richter@vuv.cz)

ORCID: 0000-0001-6338-3481

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.07.002

---

## PROBLEMATICS OF ARCHIVE MAP DATA INTERPRETATION, SPECIFICALLY THE WETLAND HABITATS

**RICHTER, P.**

T. G. Masaryk Water Research Institute

**Key words:** archival maps – wetlands – water retention in the landscape – floodplains of watercourses – ponds

The article presents available on-line archive maps from the websites of the Archive of the Surveying Office and the Geoinformatics Laboratory of the J. E. Purkyně University, that provide an overview of the historical wetland habitats location. The main research question is to find out the potential use of historical maps for the identification of the historical wetlands in the Czech Republic and the evaluation of various interpretations of wetland habitats based on these sources. Examples of wetlands on historical map data in the upper part of the Výrovka River basin are presented.



# Retrospektivní pohled na šumperský vodovod do šedesátých let 20. století

ALEŠ LÉTAL, RENATA PAVELKOVÁ, JINDŘICH FRAJER

**Klíčová slova:** vodárenství – vodárna – Šumperk – zásobování pitnou vodou

## SOUHRN

Článek je z oboru vodárenství. Zabývá se vývojem zásobování města Šumperk pitnou vodou od středověku do konce 60. let 20. století. Text je strukturován do jednotlivých kapitol podle vývoje vodovodní sítě se zaměřením na zajímavé období konce 19. století, kdy byla zřízena městská vodárna. Vodárna byla zároveň prvním podnikem spravovaným městem a v době svého vzniku byla po technologické i provozní stránce vzorem pro podobně velká města v českých zemích. Navazující kapitoly jsou zaměřeny na rozšiřování vodovodní sítě, vodojemů a jímacích území, jež bylo nutno dimenzovat na zvyšující se odběr vody spojený s dynamickým rozvojem města na konci 19. a v první polovině 20. století. Závěrečná kapitola shrnuje vývoj projektu městské vodárny od roku 1945 až do doby, kdy bylo město Šumperk napojeno na zdroje skupinového vodovodu Kouty-Šumperk. Příspěvek je inspirativním retrospektivním pohledem do historie městského vodárenství a může být také vhodným srovnáním se současným stavem, možnostmi budování a limitů vodovodní infrastruktury.

## ÚVOD

Rozvoj a existence sídel jsou podmíněny dostupností a dostatečným množstvím pitné i užitkové vody. Stejně jako jiné obory lidské činnosti, také vodárenství se vyvíjelo v souladu s potřebami společnosti, technologickým vývojem materiálů použitých pro vedení vody i způsobem jejího jímání a distribuce. Tento příspěvek je malou sondou do historie provozních podmínek městského vodovodu středně velkého města v období dynamického rozvoje průmyslové výroby a zvyšující se míry urbanizace. Vývoj šumperského vodovodu je příkladem uváženého a zodpovědného přístupu vedení města Šumperk k řešení problémů se zásobováním města pitnou vodou. Je zároveň inspirativním retrospektivním pohledem do minulosti a může být též vhodným srovnáním se současným stavem, možnostmi budování a limitů vodovodní infrastruktury. Klíčovým obdobím, ve kterém bude detailněji popsán rozvoj vodovodní sítě Šumperka, je období od roku 1883, kdy byl vybudován nový vodovod, až do konce 60. let 20. století, kdy byly dlouhodobé problémy s nedostatkem pitné vody v povodí Desné vyřešeny vybudováním nového skupinového vodovodu Kouty-Šumperk se zdrojem povrchové vody z Hučivé a Divoké Desné. Vlastní projekt zásobování města pitnou vodou společně s městskou vodárnou, prvním podnikem pod správou města, byl vzorem pro jiná podobně velká města v Čechách a na Moravě po stránce technologické i provozní.

## SPECIFIKUM MĚSTA ŠUMPERK

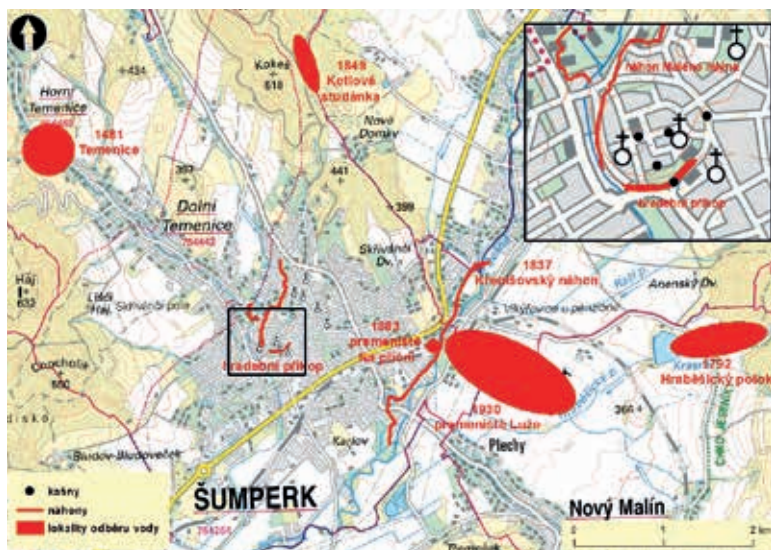
Město Šumperk, německy Mährisch Schönberg, v podhůří Jeseníků bylo jedním z jeseníckých tradičních center pěstování, zpracování a obchodu se lněnou přízí a tkaninami. Kromě přádelen bylo v oblasti také velké množství bělidel, jež byla závislá na dostatku vody. Tyto provozy byly situovány k hlavním vodním tokům oblasti, tj. k Desné a Moravě. Šumperští pláteníci se v průběhu 16. století začali specializovat na směsné lněné tkaniny, jako byla polobavlněná látka barchet nebo pololněný mezulán, a od poloviny 18. století rovněž na látku zvanou trip – specifická textilie určená pro potahování nábytku [1]. Manufakturní výroba nahradila v druhé polovině 19. století průmyslová výroba, která ovlivnila i technologii bělení látek. Věhlas regionu v rámci rakousko-uherské monarchie zajistil vídeňský velkoobchodník Ernest Klapperoth, jenž v roce 1785 začal s manufakturní výrobou plyše a tripu a v roce 1786 manšestru. Jednalo se o první továrnu v monarchii. Mezi světově proslavené výrobky z Šumperka patřily lněné damaškové stolní a ložní soupravy. Dominantní pozici ve výrobě měla továrna na lněné plátěné zboží Eduarda Oberleithnera, založená roku 1818, která byla ve své době nejmodernějším podnikem v monarchii. V roce 1840 byla zahájena výroba v první mechanické přádelně lnu na Moravě, patřící Johannu Sieglvi. Šumperské textilní výrobky pomáhaly udržovat významné postavení rakouských zemí na zahraničních trzích. V roce 1841 se v Šumperku produkovalo přes 30 % veškerých moravských lněných výrobků. Na začátku 60. let 19. století byla v Šumperku položena tradice výroby hedvábí, v počátcích reprezentovaná podniky Trebitsch a syn a Franze Bujjatiho. Dynamiku rozvoje přineslo vybudování železnice Zábřeh-Sobotín v roce 1871 [2] a také Moravské pohraniční dráhy (*Mährische Grenzbahn*) mezi Šternberkem, Šumperkem, Zábřehem a Lichkovem v letech 1872–1874 [2–4]. Na obou tratích byli významnými investory šumperští průmyslníci, zejména rodina Oberleithnerů a samozřejmě Kleinové, pro něž bylo klíčové spojení železnice s hutěmi v Sobotíně a strojírnou v Petrově. Ti také stavbu tratě Zábřeh-Sobotín realizovali, u druhé tratě byli významnými akcionáři [2, 3].

Koncentrace průmyslníků a vídeňských obchodníků s textilem společně s ekonomickým rozkvětem města v druhé polovině 19. století se odrazily v jeho architektonické podobě. Kromě rozsáhlých šedových hal textilních podniků rostla výstavba rezidenčních čtvrtí s rodinnými a podnikovými vilami a paláci, společně s úpravou veřejných prostranství i výstavbou veřejných správních a školních budov, včetně divadla apod. Město Šumperk v tomto období právem získalo přezdívku Malá Vídeň.

Velmi dynamický rozvoj textilního průmyslu v druhé polovině 19. století na Šumpersku využíval dostupné pracovní síly. Postupný nárůst počtu obyvatel si pochopitelně vynucoval rozšíření kapacit vodovodní sítě a vybudování nových jímacích objektů.

## VÝVOJ ZÁSOBOVÁNÍ MĚSTA ŠUMPERK PITNOU VODOU PŘED ROKEM 1883

Město Šumperk, jehož založení je kladeno do období 1269–1276 [5], bylo důležitým centrem jesenického podhůří, jehož význam postupně narůstal od 18. století až do současnosti. Vzhledem k poloze a velikosti sídla bylo zásobování města pitnou vodou řešeno studnami, užitkovou vodu zajišťoval Temenický a Bratrušovský potok nebo vodní příkop pod hradbami, napájený z odtokového kanálu Malého mlýna (obr. 1). Zmínku o vybudování prvního vodovodu najdeme na smírčí listině z roku 1481 [6, 7]. Listina řeší narovnání práv šumperských měšťanů a tehdejšího majitele města Jiřího Tunkla st. z Brnička. Podle této listiny Jiří Tunkl na vlastní náklady vybuďoval vodovod vedoucí vodu z oblasti „Temenického vrchu“ do dřevěné kašny na náměstí s tím, že měšťané jsou povinni odvádět jemu i dědicům poplatky stanovené zmíněnou smlouvou. Použití vody z městského vodovodu (kašen) bylo zpoplatněno, což potvrzuje záznam příjmů radnice z roku 1605, kde se mezi jinými položkami objevuje i 20 zlatých a 25 grošů za používání vody z vodovodu [7]. Až do roku 1883 bylo zásobování města pitnou vodou postupně řešeno celkem ze čtyř zdrojů, které pokrývaly zásobování města a předměstí samospádem (obr. 1). Vybudovaná dřevěná vodovodní síť ústila do městských kašen nebo výtokových stojanů. Původní vodovod díky rozvoji obce Temenice musel být zrušen a nahradil ho vodovod vedený z Hraběšic, postavený v roce 1792. Byla také vybudována veřejná pumpa před Starou branou, nazývaná Harrerova [6, 7]. Posledními investicemi do rozšíření zdrojnic šumperského vodovodu byla v roce 1837 výstavba vodovodu z oblasti nad Krenišovským dvorem a vodovod z tzv. Kotlové studánky v roce 1849 (obr. 1). Doklady o existenci dřevěného vodovodu jsou nalézány při výkopových pracích, ukázkou je i vzorek jedlového potrubí na obr. 2. Problémové zásobování převážně z povrchových zdrojů na vyhrazená veřejná místa město nahradilo nově vybudovaným jímacím objektem podzemní vody a novou vodovodní sítí, zajišťující zásobování jednotlivých domů, průmyslových provozů i služeb.



Obr. 1. Vodní zdroje pro zásobování města Šumperk do roku 1970  
Fig. 1. Water sources for supplying the town of Šumperk until 1970

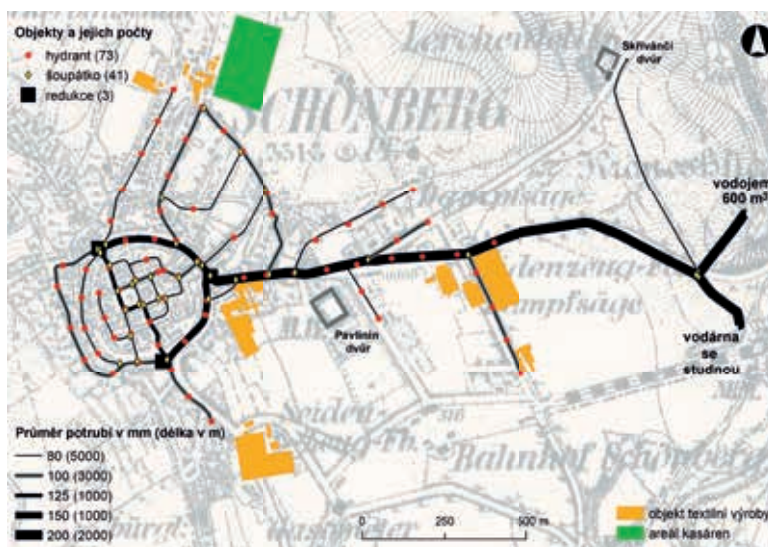


Obr. 2. Detail vzorku z jedlového potrubí šumperského vodovodu (Šperlichová M., červenec 2021)

Fig. 2. The sample from the fir pipe of the original Šumperk water pipeline

## ŠUMPERSKÝ VODOVOD – MĚSTSKÁ VODÁRNA

Výstavba nového vodovodu a zřízení městské vodárny byly městskou radou schváleny 11. června 1883. Ještě téhož roku 7. srpna byl položen základní kámen vysokotlakého vodojemu na Krenišovské kopci, později zvaném Vodárka. Stavbu realizovala firma Corthe & Comp., provoz nového vodovodního řádu byl zahájen 1. prosince 1883.

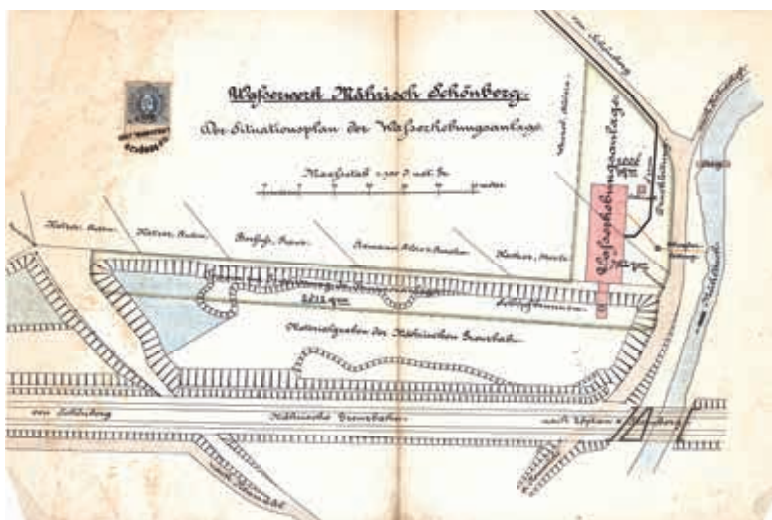


Obr. 3. Šumperská vodárna a vodovodní síť s hydranty v roce 1883 (upraveno podle projektové dokumentace [8], topografický podklad mapa III. vojenského mapování 1 : 25 000, 1886)  
Fig. 3. Šumperk water plant and water supply network with hydrants in 1883 (modified according to project documentation, SOKa Šumperk, Topographic map of III. military mapping 1 : 25 000, 1886)



Obr. 4. Současná podoba bývalé vodárny se studnou (1), sekci pro elektrická čerpadla (2) a původní strojovnou (3) (Létal, květen 2021)

Fig. 4. Current appearance of the former water plant building with an indoor well section (1), the electric pump section (2) and the main engine room (3)



Obr. 5. Situační plán v projektové dokumentaci vodovodu s lokalizací městské vodárny se studnou [8]

Fig. 5. Situation plan of the water supply system with the location of the municipal water plant with a well in the project documentation



Obr. 6. Objekt původní vodárny na projektové dokumentaci z roku 1883 [8]

Fig. 6. Original water plant building on the project documentation from 1883

Městská vodárna byla prvním podnikem v režii města Šumperk včetně zaměstnanců. Hospodaření podniku schvalovalo městské zastupitelstvo. Celý vodovodní systém je zachycen na obr. 3. Jímací objekt v podobě kopané studny byl součástí stavby vodárny, která se zachovala dodnes (obr. 4). V rámci objektu

Tab. 1. Příklady doplňkových sazeb vodného stanoveného provozním řádem šumperské městské vodárny

Tab. 1. Samples of additional water rates set by the operating rules of the Šumperk municipal water plant

| Vybrané kategorie doplňkových sazeb vodného | Cena         |
|---|--------------|
| Zahrada 10–20 arů                           | 1 zl.        |
| Koupelna                                    | 4 zl.        |
| Klozet                                      | 3 zl.        |
| Pisoár                                      | 3 zl.        |
| Kůň   | 2 zl.        |
| Kočár pro přepravu osob                     | 5 zl.        |
| Dobytěk                                     | 1 zl. 50 kr. |

Zdroj: Upraveno podle [6]

Source: Adjusted according to [6]

vodárny byla strojovna pro dvě tlaková čerpadla, poháněná parními stroji (obr. 6). Z kopané studny o průměru 1,5 m a hluboké cca 19 m byla voda čerpána výtlačným řádem do Křehovského vysokotlakého vodojemu o objemu 600 m<sup>3</sup> a odtud pak 200mm potrubím do přívodního řádu do města.

Vodovodní síť pokrývala celé město (obr. 3), s odbočkami do nových předměstí s průmyslovými podniky i rezidenční výstavbou. Velký podíl na spotřebě vody mělo vybudování kasáren pro posádku 93. pěšího pluku v roce 1886. Pátevní síť tvořily litinové hrdlové trubky o průměru 80–200 mm, s přípojkami do domů a objektů o průměru 50 mm. Jak ukazuje obr. 3, vodovod zásoboval i tzv. Skřivánčí dvůr, v té době vzdálený 1,7 km od centra města.

Provoz vodárny určoval provozní řád „Reglement“, stanovující práva a povinnosti odběratelů i vodárny. Každý majitel domu, jenž neměl vlastní studnu nebo měl závadnou vodu ve studni, se musel povinně napojit na městský vodovod. Přípojku vybudovala na náklady majitele domu vodárna. V prvních letech provozu se vodné stanovovalo základní sazbou ve výši 3 % domovní daně či nájemného, doplněné o dodatkové sazby (tab. 1). Od roku 1893 bylo v platnosti nařízení ministerstva obchodu Rakouska-Uherska [6], které stanovilo povinnost dodavatele vody na žádost majitele oceňovat nebo vyměnit vodoměry za nové do roku 1903 a od roku 1896 montovat pouze nové vodoměry. Postupně tedy město přešlo na úhradu vodného podle stavu vodoměrů.

Realizovaný projekt městské vodárny byl inspirativní nejen po technologické stránce, ale i z hlediska provozní a organizační správy městského podniku. Velký zájem o detailní provozní informace, včetně nastavení ceny vodného, měla podobně velká města v českých zemích, jako například Trutnov, Kladno, Těšín, Žatec či Kutná Hora [6]. Pro inspiraci jsou na obr. 7 uvedeny provozní parametry vodárny v roce 1886.

## ETAPY ROZŠÍŘOVÁNÍ MĚSTSKÉHO VODOVODU Z ROKU 1883

### Rozšíření vodovodu v letech 1905–1906

Vzhledem k dynamickému růstu města a rozvoji průmyslové výroby i služeb přestal nově vybudovaný vodovod na přelomu století stačit kapacitně. V rámci zefektivnění distribuce a úspory nákladů město již v roce 1902 zakoupilo objekt Nového mlýna (č. p. 301) a vyhloubilo další studnu v blízkosti objektu vodárny,

| Betriebs Anzeiger vom Jahre 1886 |              |           |                    |                   |
|----------------------------------|--------------|-----------|--------------------|-------------------|
| 1886                             | Maschinen    | Wasser    | Kohlen             |                   |
| im                               | unbedienten  | Förderung | Verbrauch          |                   |
| Monat                            | Stunden      | Minuten   | kl. meter          | kl. gram          |
| Jänner                           | 287          | 15        | 8 906,20           | ca 126 10         |
| Februar                          | 243          | 45        | 7 336,865          | " 105 00          |
| März                             | 275          | 45        | 8 217,755          | " 119 30          |
| April                            | 289          | 45        | 8 819,935          | " 144 40          |
| Mai                              | 322          | 00        | 10 661,025         | " 126 00          |
| Juni                             | 316          | 45        | 9 186,170          | " 110 80          |
| Juli                             | 308          | 15        | 9 511,170          | " 115 80          |
| August                           | 341          | 45        | 10 332,720         | " 118 50          |
| September                        | 321          | 30        | 9 688,160          | " 112 30          |
| Oktober                          | 283          | 30        | 8 120,165          | " 99 20           |
| November                         | 269          | 45        | 7 965,835          | " 98 30           |
| December                         | 261          | 00        | 7 584,125          | " 104 30          |
| <b>Jahra</b>                     | <b>3 518</b> | <b>00</b> | <b>106 330,445</b> | <b>ca 1380,00</b> |

Obr. 7. Ukázka sumarizace provozní evidence městské vodárny za rok 1886 [8]  
Fig. 7. The Operating records summary of the municipal water plant for the year 1886

nápojenou na systém. Objekt se studnou II o hloubce 23 m a průměru 1,5 m stále existuje a studna je využívána majitelem k zavlažování (obr. 8). Součástí dané etapy rozšíření vodovodu byl v areálu mlýna vybudován silotvorný objekt s horizontální Francisovou turbínou, která poháněla generátor na výrobu elektrické energie pro pohon čerpadel studní. V roce 1905 byl parní pohon čerpadel nahrazen elektromotory, poháněné turbínou nově postavené malé vodní elektrárny (obr. 9).



Obr. 8. Současný stav objektů studny II (vlevo) a studny III (vpravo) městské vodárny (Létal, květen 2021)

Fig. 8. Current state of the intake well No. 2 (left) and well No. 3 (right) for the municipal water plant



Obr. 9. Objekt bývalé městské vodní elektrárny s turbínovým domkem (vpravo); odtokový kanál je nyní zatrubněn (Létal, květen 2021)

Fig. 9. Building of the former municipal water power station with turbine house (right); the outflow channel was piped

Tab. 2. Vývoj počtu obyvatel města Šumperk a parametrů vodovodní sítě šumperského vodovodu  
Tab. 2. Šumperk town population development with selected water supply network parameters

| Rok  | Počet domů | Počet obyvatel | Délka vodovodní sítě v km | Roční spotřeba v m <sup>3</sup> |
|------|------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1880 | 602        | 8 517          | 12 000 (1883)*            | nezjištěno                      |
| 1890 | 719        | 10 493         | nezjištěno                | 126 396 (1889)                  |
| 1900 | 789        | 11 636         | 16 742 (1904)*            | 161 225 (1904)                  |
| 1910 | 924        | 13 329         | 17 192 (1911)*            | 290 343 (1911)                  |
| 1921 | 996        | 13 117         | nezjištěno                | nezjištěno                      |
| 1930 | 1 373      | 15 718         | 28 949 (1929)*            | 512 547 (1929)                  |
| 1950 | 2 014      | 17 198         | 41 500 (1941)*            | 997 352 (1945)                  |

Zdroj: Upraveno podle [9] a [6]

Source: Adjusted according to [9] and [6]

\* Rok, za který byly k dispozici údaje (Year of the available data)



Obr. 10. Detail jímací studny na prameništi Luže (Létal, květen 2021)  
Fig. 10. Detail of the intake well in the source area of the springs Luže

## Rozšíření vodovodu v roce 1915

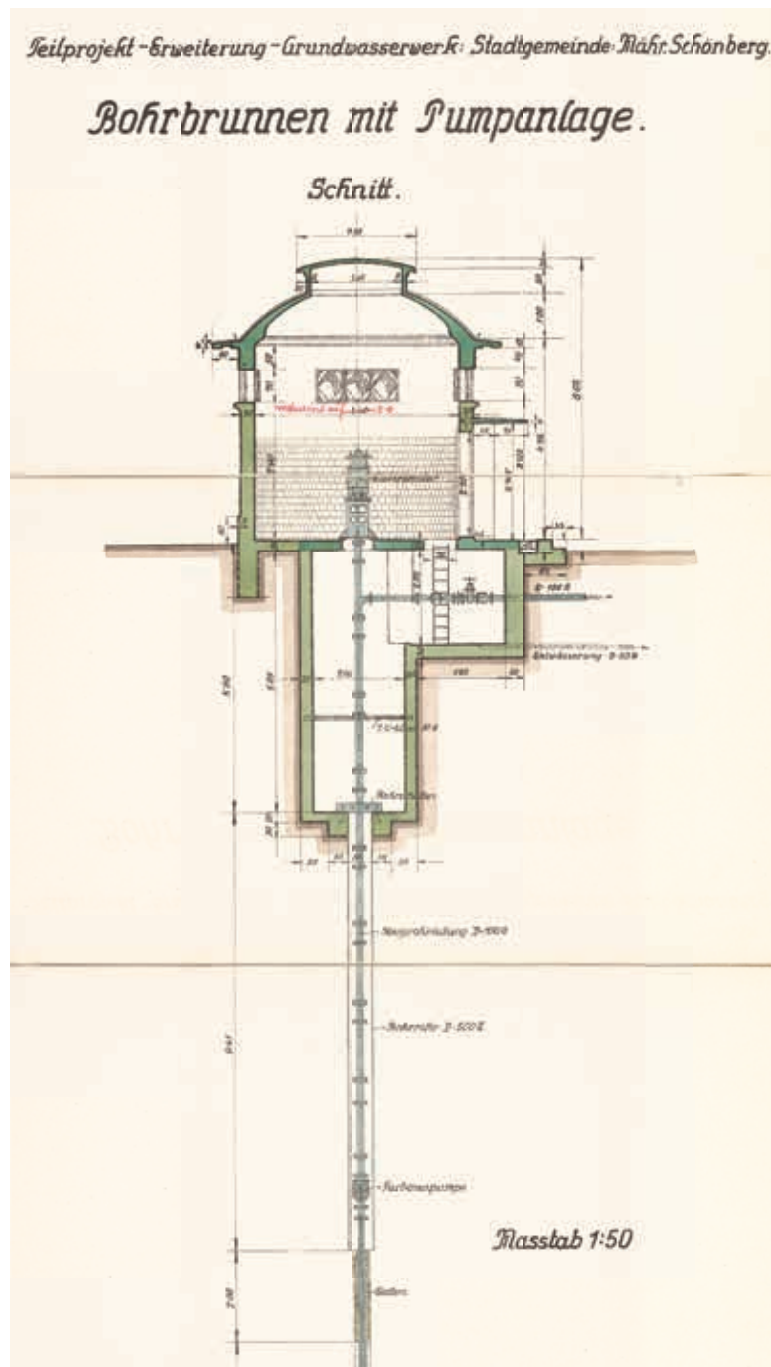
I přes vybudování dalších jímacích objektů se již po roce 1910 začal opět objevovat problém s nedostatkem vody. Město Šumperk proto iniciovalo vznik komise, která v rámci plánované regulace řeky Desné navrhla vybudování přehradní nádrže v Koutech nad Desnou. 22. ledna 1912 zasedala se souhlasem ministerstva orby komise ustavená moravským zemským výborem, která měla za úkol přezkoumat projekt regulace Desné a stavby údolní přehrady, vypracovaný stavebním radou Heinrichem Meixnerem. Během jednání komise byla významným šumperským podnikatelem a politikem Gustavem Oberleithnerem prosazována výstavba přehrady i pro potřeby zdroje vody. Přípravné práce měly být zahájeny v roce 1913 [7], avšak vypuknutí I. světové války větší investice v regionu zastavilo. V rámci přetrvávajících problémů bylo město nuceno pořídit další jímací objekty. Z výběrového řízení vzešla vítězně nabídka firmy Niklas na vybudování třetí studny v blízkosti vodárny. Dne 11. září 1915 byla tedy vyvrtána třetí studna, hluboká 27 metrů a s přítokem 6 l/s [10]. Objekt se studnou III stále existuje, voda ze studny není využívána (obr. 8).

Délka rozvodu vodovodu v Šumperku činila v roce 1913 již 20 797 m [6]. Ve městě bylo 138 hydrantů, měření spotřeby se řešilo vodoměry. V daném roce jsou ve zprávě vodárny zmíněny také chemický a bakteriologický rozbor. Při celkové vydatnosti tří zdrojů 12 l/s zpráva městské vodárny v roce 1912 uvádí celkovou ztrátu vody ve výši 5 %. Za necelých 10 let se začalo projevoval stáří vodovodní sítě a ztráty narostly na 21 %. Jak ukazuje srovnávací tab. 2, například spotřeba v roce 1929 dosahovala 77,8 l na osobu a den.

## Rekonstrukce vodovodu v období 1931–1934 a vývoj do roku 1945

Třetí rozšíření vodovodu bylo vynuceno špatným stavem infrastruktury se ztrátami přes 30 % a také opakovaným nedostatkem vody, zejména v letních měsících. Již od roku 1927 musela čerpadla 24 hodin denně čerpat vodu ze tří městských studní (kapacita 10,5 l/s) a ze čtvrté studny v areálu Eternitových závodů Zenit na výsledných 13 l/s, přesto i tak nestačil systém krýt skutečné potřeby obyvatel [11].

Rekonstrukce sítě byla řešena systémově a projekt počítal s návrhem dostatečné kapacity zdrojů podzemní vody s výhledem do roku 1950. Navrhovaný projekt byl revidován a spolufinancován Zemským úřadem v Brně. Na základě



Obr. 11. Detail objektu jímací studny v projektové dokumentaci [11]  
Fig. 11. The intake well building plan in the project documentation

víceletých hydrologických měření, doporučení hydrogeologických odborníků a kalkulace nákladů se upustilo od návrhu využití zdrojů vody z údolí řek Moravy, Moravice a Desné. Dozorovaný průzkum včetně čerpacích zkoušek byl zadán brněnské firmě G. Rumpel, která byla vybrána i pro projektovou přípravu.

Vlastní rekonstrukce byla rozdělena na dvě etapy. Město s předstihem v souvislosti s investičními náklady zvýšilo cenu vodného na 2 Kčs/m<sup>3</sup>. První etapou bylo vybudování nových jímacích objektů v aluviu řeky Desné v lokalitě Luže (Frankštátská luka) a jejich napojení na existující vodojem na Krenišovském kopci (Vodárka). Druhá etapa zahrnovala vybudování dalších vodojemů, zajišťujících zásobování celého města.

Podle údajů z revizní zprávy Zemského úřadu v Brně z roku 1931 [11] byla roční spotřeba vody cca 390 000 m<sup>3</sup>, což bylo 94 l na osobu a den s potřebnou kapacitou zdroje 15,3 l/s. Podle plánovaného demografického vývoje bylo počítáno, že v roce 1950 bude v Šumperku 18 000 obyvatel s denní potřebou 27,3 l/s, při 16hodinovém čerpání 40 l/s. Na základě provedených čerpacích zkoušek na přelomu let 1929/1930 byla v lokalitě Luže v hloubce 40–43 m zjištěna vydatnost jímací studny 9,5 l/s. S ohledem na omezení přečerpání zdroje se plánovalo pět jímacích objektů s kapacitou 8 l/s na celkových 40 l/s. Drobnou komplikací byl výskyt kyseliny uhličitě, jejíž eliminaci řešila v projektu instalace neutralizační jednotky na dávkování hydroxidu vápenatého v rámci nově budovaného vodojemu na Krenišovském kopci (obr. 13). Dané zařízení však nebylo instalováno a až do současnosti se úprava vody řeší pouze chlorováním. Dne 11. června 1930 byla přivedena nová voda z první studny do vodojemu Vodárka, čímž se zvýšil přítok vody o 8 l/s., tj. o 41 % [7].

Z první etapy rozšíření se dodnes zachovaly funkční objekty jímacích studní. Pět původních objektů těchto jímacích studní má unikátní architektonické a stavební provedení s vypracovanými detaily, jako je škrabák na boty, použité luxfery nebo oplechování okenních říms (obr. 10 a 11).

Druhá etapa rekonstrukce obnášela vybudování nových vodojemů, nových přívaděčů k vodojemům i do rozvodné sítě a rozdělení města na dvě tlaková pásma. Nový vodojem v lokalitě Vyhlídka s plánovanou kapacitou 1 500 m<sup>3</sup> zásoboval výše položené části města včetně oblíbeného výletního hostince Bergwirthshaus. Vedle původního vodojemu na Krenišovském kopci (objem 600 m<sup>3</sup>) byl navržen dvoukomorový vodojem o objemu 2 000 m<sup>3</sup> (obr. 12). Nakonec byl ale vybudován jen jednokomorový s kapacitou 1 000 m<sup>3</sup> [13]. Přívaděče z prameniště a mezi vodojemy byly dimenzovány na průměr 350 mm.

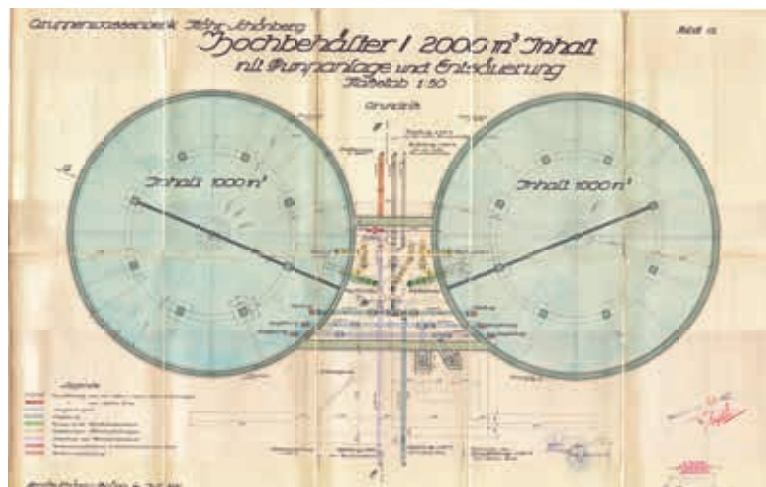
Tato etapa společně s rekonstrukcí byla úspěšně dokončena v roce 1935. Po rekonstrukci sítě se ztráty snížily na 19 % na celkovou délku 41 500 m vodovodní sítě [6].

Po dokončení III. etapy měl vodovod k dispozici devět studní, které zajišťovaly cca 2 000 m<sup>3</sup> vody denně. Rekonstrukce se nevyhnula ani městská elektrárna. Pro zefektivnění výroby byla v roce 1937 uvedena do provozu nová turbína Storek-Kaplanova s úpravou generátoru. Hydrocentrála vodárny byla doplněna již v roce 1930 také záložní Haagovou turbínou, využívající vodu odváděnou jalovým příkopem. V roce 1936 byl v rámci samostatného projektu připojen na vodovodní řád také nový městský hřbitov se šesti výtakovými stojany.

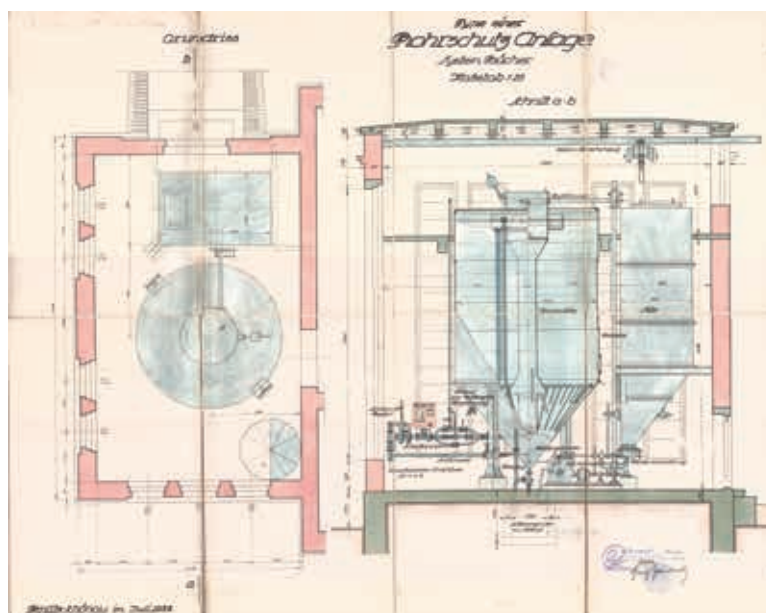
## Vývoj šumperského vodovodu 1945–1968

Po druhé světové válce došlo k nucenému odchodu původního německého obyvatelstva a počet obyvatel Šumperka se dočasně skokově snížil na cca 10 000 osob. To se negativně podepsalo na ekonomice městského podniku i ceně vodného. V roce 1946 byla vodní elektrárna v režii podniku znárodněna, a vodárna tak musela nakupovat energii pro pohon čerpadel z původně vlastního zdroje. Vodní elektrárna ukončila svoji činnost v šedesátých letech 20. století, turbíny byly demontovány. V roce 1946 si město nechalo zpracovat odborný posudek Ing. Zavadilem na možnosti zásobování města pitnou vodou. Posudek navrhoval řešení nedostatku vody rekonstrukcí stávající sítě a jímacích objektů, rozšířit počet jímacích objektů ve stávajícím prameništi Luže a do budoucna řešit nedostatek vody jímáním povrchové vody v oblasti Koutů nad Desnou, případně vybudovat v dané lokalitě přehradní nádrž. V roce 1947 byl schválen návrh s odběrem povrchové vody v horním povodí Desné, který zároveň řešil zásobování všech obcí v údolí Desné.

Pokračující problémy se zásobováním byly v kritických letech dokonce podpořeny umělou infiltrací povrchovou závlahou z řeky Desné v oblasti prameniště [13]. V rámci projektové přípravy plánované stavby skupinového vodojemu Kouty-Šumperk byla řešena také možnost vybudování dalšího zdroje v severovýchodní části Šumperka. Hydrogeologický průzkum provedený



Obr. 12. Půdorys plánovaného dvoukomorového vodojemu I Vodárka s plánovanou kapacitou 2 000 m<sup>3</sup>; realizována byla jen stavba pravé komory o objemu 1 000 m<sup>3</sup> [12]  
Fig. 12. Ground plan of the planned two-chamber water reservoir No. 1 Vodárka with a planned capacity of 2 000 m<sup>3</sup>; only the right chamber with a volume of 1 000 m<sup>3</sup> was built



Obr. 13. Plány neutralizační jednotky – součást plánovaného vodojemu na Vodárce [12]  
Fig. 13. Plans of the neutralization facility – part of the planned water reservoir No. 1

Geologickým průzkumem n. p. Brno prognózoval možnou vydatnost pouze 10 l/s. Podle směrného územního plánu byla v roce 1962 stanovena spotřeba vody pro obytné pásmo 102,3 l/s, s průmyslovými podniky potom 121 l/s na obyvatele a den. Dle uvedených hodnot je jasné, že podzemní zdroje nestačily krýt potřebu města a bylo nutné přistoupit k plánované realizaci projektu skupinového vodovodu Kouty-Šumperk. Projekt se podařilo realizovat v letech 1968–1974 s tím, že město Šumperk bylo připojeno v roce 1971. Téma skupinového vodovodu Kouty-Desná a současná podoba zásobování Šumperka si zaslouží také pozornost a zpracování do samostatného článku.

## ZÁVĚR

Realizovaný projekt městské vodárny byl inspirativní nejen po technologické stránce, ale i z hlediska provozní a organizační správy městského podniku. Jímací

objekty, vodojemy i vlastní síť byly postupně rozšiřovány v souvislosti s růstem počtu obyvatel a podniků, avšak vzhledem k hydrogeologickým limitům okolí Šumperka byly zdroje vody kapacitně nedostatečné již v padesátých letech 20. století. Co se týče využití přírodních zdrojů, ukazuje tento příklad na prozíravost tehdejších odborníků, kteří navrhli jímací území v lokalitě, jež byla jako jediná v okolí Šumperka schopna v dlouhodobějším horizontu zajistit dostatek vody. Vzhledem k ekologickým zátěžím a růstu města je budoucnost využívání podzemních zdrojů v lokalitě Luže prozatím omezená a město Šumperk se musí spoléhat na povrchové zdroje vody z toku Hučivé Desné nebo na podzemní vodu z prameniště Rapotín. Závěrem je důležité zmínit, že zásobování města pitnou vodou se v Šumperku vrací ke kořenům. Od 1. ledna 2021 po téměř 25letém období přešel vodárenský provoz do vlastnictví místních samospráv v podobě podniku Vodohospodářská zařízení Šumperk, a. s. (VHZ) s dceřinou společností Šumperská provozní vodohospodářská společnost, a. s. (ŠPVS).

## Poděkování

*Příspěvek vznikl řešením výzkumného projektu NAKI II „Historické vodohospodářské objekty, jejich hodnota, funkce a význam pro současnou dobu“ (DG18P02OVV019). Projekt je realizován za finanční podpory programu NAKI II – program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity na léta 2016 až 2022 Ministerstva kultury České republiky. Zvláštní poděkování patří také zaměstnancům společností Vodohospodářská zařízení Šumperk, a. s., a Šumperské provozní vodohospodářské společnosti, a. s., za poskytnutí cenných informací a materiálů vztahujících se k historii šumperského vodárenství.*

## Literatura

- [1] *Příspěvky k dějinám Inářství na severní Moravě. Lnářský průmysl – Příspěvky k dějinám; Supplementum 6. Šumperk-Trutnov: VHJ Lnářský průmysl; Moravolen, 1986*
- [2] KREJČÍŘÍK, M. *Kleinové: historie moravské podnikatelské rodiny*. Brno: Archiv města Brna, 2009. ISBN 978-80-86736-13-6.
- [3] JANÁK, J. *Vlastivěda moravská: země a lid: nová řada. Sv. 7, Dějiny Moravy. Díl 3/1, Hospodářský rozmach Moravy 1740–1918*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 1999. ISBN 80-85048-89-2.
- [4] GÁBA, Z., TEMPÍROVÁ-KOTRLÁ, D. *Bratří Kleinové – stavitelé silnic a železnic*. Šumperk: Okresní vlastivědné muzeum, 2000. ISBN 80-85083-34-5.
- [5] SPURNÝ, F. *Dějiny Šumperka v datech*. [autor knihy] MELZER, M. et al. *Šumperk: město a jeho obyvatelé*. Šumperk: Okresní vlastivědné muzeum, 1996
- [6] BENDA, J., JARMAROVÁ, H. *Historie šumperského vodárenství v datech i obrazech. Vydáno ke 120. výročí městské vodárny*. Šumperk: Šumperská provozní vodohospodářská společnost, a. s., 2003
- [7] HARRER, F. *Dějiny města Šumperka*. Praha: Argo, 2020. ISBN 978-80-257-3107-9.
- [8] Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Šumperk. *Městská elektrárna a vodárna č. p. 296*. vh 205/4: autor neznámý, 1883
- [9] PODHRÁZSKÁ, A. *Demografický vývoj města Šumperka*. [autor knihy] Miloš METZLER et al. Šumperk: Okresní vlastivědné muzeum v Šumperku, 1996
- [10] Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Šumperk. *Rozšíření městského vodovodu*. vh 214/2: autor neznámý, 1917
- [11] Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Šumperk. *Vodní díla tzv. Brunnenfeld – louky směr Nový Malín*. vh 215/1: autor neznámý, 1930
- [12] Zemský archiv v Opavě – Státní okresní archiv Šumperk. *Detailní projekt II. stavební části rozšíření vodovodu*. vh 215/2: autor neznámý, 1930
- [13] BOHÁČEK, J. et al. *Technická zpráva studie k investičnímu úkolu Skupinový vodovod Šumperk*. Hranice: Krajské vodohospodářské a rozvojové středisko v Ostravě, projektový odbor Hranice, 1961
- [14] HARRER, F. *Geschichte der Stadt Mährisch-Schönberg*. Mährisch Schönberg: Im Verlage der öffentlichen deutschen Gemeindebücherei, 1923
- [15] DOUBRAVSKÝ, Z., ŠMIROUS, P. *Lnářství na Šumpersku: pěstování a zpracování lnu v podhůří Jeseníků: 60 let Inářského výzkumu v Šumperku*. Šumperk: Agritec, 2002. ISBN 80-902754-2-7.

## Autoři

**RNDr. Aleš Létal, Ph.D.**

✉ ales.letal@upol.cz

ORCID: 0000-0001-6830-2644

**RNDr. Renata Pavelková, Ph.D.**

✉ r.pavelkova@upol.cz

ORCID: 0000-0002-9352-5863

**Mgr. Jindřich Frajer, Ph.D.**

✉ jindrich.frajer@upol.cz

ORCID: 0000-0003-0817-3128

Katedra geografie PřF UP v Olomouci

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.07.003

## A RETROSPECTIVE VIEW OF THE ŠUMPERK WATER SUPPLY SYSTEM UP TO THE 1960S

LÉTAL, A.; PAVELKOVÁ, R.; FRAJER, J.

Faculty of Science, Palacký University Olomouc

**Keywords:** water industry – water plant – Šumperk – drinking water supply

The article focuses on the water industry sector. It deals with the development of drinking water supply in Šumperk town from the Middle Ages to the 1960s. According to the water supply network development, the text is structured into individual chapters, focusing on the interesting period of the late 19th century, when a municipal water plant was established. The water plant was also the first company managed by the city council at its establishment. It was an excellent good practice example for similar towns in the Czech lands, both technologically and operationally. Subsequent chapters focus on expanding the water supply network, reservoirs, and intake areas, which had to be sized for the increasing water consumption associated with the city's dynamic development in the late 19th and first half of the 20th century. The final chapter summarises the development of the municipal waterworks project from 1945 until the year when the town of Šumperk was connected to the water intake sources from the Kouty-Šumperk group water supply system. The paper is an inspiring retrospective look into the history of the municipal water supply. It can also be a helpful comparison with the current state, building possibilities and limits of the water supply infrastructure.





# Nakládání s komunálním odpadem ve světle nových předpisů

**DAGMAR VOLOŠINOVÁ, ROBERT KOŘÍNEK, JIŘÍ KUČERA**

**Klíčová slova:** odpad – komunální odpad – nakládání – legislativa – oběhové hospodářství

## SOUHRN

Moderní služby obce v oblasti nakládání s pevným odpadem obvykle zahrnují úklid a čištění veřejných prostor, sběr, přepravu, recyklaci a odstranění vzniklých odpadů. Služby nakládání s pevným odpadem patří mezi nejnákladnější a nejkomplicovanější ze všech obecních systémů prací pro veřejnost. Současně to také může být nejméně oceněnou komunální službou. Zásobování vodou, elektřinou, likvidace požárů a policejní ochrana uspokojuje zásadně a okamžitě denní potřeby obyvatel a podniků, a proto je těmto službám dána mnohem vyšší priorita ze strany komunity a jejího vedení. Služby v oblasti nakládání s odpady jsou obvykle jednou z nejméně „voňavých“ veřejných služeb, ale jejich bezchybná funkčnost a efektivnost mají rozsáhlé dopady. K zajištění udržitelnosti a jednotnosti postupu nakládání s odpady slouží právní předpisy. Předpisy řídicí odpadové hospodářství obcí České republiky byly v letošním roce po dlouhé době aktualizovány a k dnešnímu dni je účinný zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, a vyhláška č. 8/2021 Sb., Katalog odpadů. Druhý prováděcí předpis, vyhláška o nakládání s odpady, je momentálně v legislativní radě vlády. Následující článek popisuje, jaké změny pro odpadové hospodářství obcí tyto předpisy přináší a jak se lze na ně připravit.

## ÚVOD

Obec je základní územní samosprávné společenství občanů [1] pečující o všestranný rozvoj svého území a o potřeby svých obyvatel. Současně při plnění svých úkolů chrání veřejný zájem, kterým je i dodržování principů oběhového hospodářství.

Odpady jsou všechny předměty nebo látky, jichž se držitel zbavuje, má v úmyslu se zbavit nebo je ze zákona povinen se jich zbavit. Odpady představují neefektivní využívání surovin, a tedy ztrátu zdrojů. Odpady navíc mohou obsahovat nebezpečné látky nebo mít nebezpečné vlastnosti a následně mohou znečišťovat životní prostředí a způsobovat zdravotní rizika. Také procesy využití a zpracování odpadu mohou produkovat emise. V současné době je snižování odpadu primárním cílem nakládání s odpady. Úkoly nakládání s pevným odpadem představují složité technické výzvy. Rovněž znamenají širokou škálu administrativních, ekonomických a sociálních problémů, které je třeba zvládnout a vyřešit.

Správné nakládání s odpady má zásadní význam pro účinné využívání zdrojů a rozvoj udržitelného environmentálního plánování. Nejdůležitějším prvkem systému nakládání s odpady je jejich třídění. Většina recyklovaných materiálů z celkového toku komunálních odpadů se nachází v domácnostech a jejich odpadech.

Komplexní úpravu problematiky odpadového hospodářství od předcházení vzniku odpadu přes výčet způsobů nakládání s ním až po jeho odstranění, a to vše v souladu s hierarchií nakládání s odpady a environmentálně bezpečně, přinesly v letošním roce nové právní předpisy. Konkrétně se jedná o zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, (dále jen ZoO) a dva prováděcí předpisy. Jde o vyhlášku č. 8/2020 Sb., Katalog odpadů, a vyhlášku o nakládání s odpady (dále jen VNO), která dosud není vydána. VNO shrnuje problematiku, jež v minulosti upravovala řada vyhlášek (č. 382/2001 Sb., 383/2001 Sb., 384/2001 Sb., 294/2005 Sb., 321/2008 Sb., 341/2008 Sb., 374/2008 Sb., 387/2016 Sb. a 437/2016 Sb.). Vyhláška si klade za cíl posílit ochranu životního prostředí podrobnější a přehlednější právní úpravou zajišťující lepší kontrolu dodržování veškerých povinností při nakládání s odpady a lepší vymahatelnost práva. Výčet povinností obcí při nakládání s komunálními odpady uvádíme v článku spolu s možnostmi jejich plnění.

Komunálním odpadem (dále jen KO) rozumíme směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenku, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek. Do KO také zařazujeme odpad směsný a tříděný z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností. Povinností obce je zajistit, aby občan měl možnost veškerý KO, který vyprodukuje na území obce, řádně uložit na místo určené obcí. To znamená umožnit odevzdat vyprodukovaný odpad na obecně závaznou vyhláškou vymezených místech, ve sběrných dvorech nebo v případě nedostatečné kapacity i zorganizovat sběr objemného odpadu. V jaké míře, to zákon nestanoví, obec vychází ze svých zvyklostí a potřeb. Další možností je po domluvě využívat kapacitu sběrného dvora sousedních obcí. Stále však platí, že přednostně je využíván systém zpětného odběru pro pneumatiky, elektrozařízení, baterie, tonery použité v domácnostech či domácí kompostování bioodpadu. Dojde tak nejen k snížení objemu komunálních odpadů, ale i k získání znovu využitelných materiálů.



## POVINNOSTI OBCÍ PŘI NAKLÁDÁNÍ S KOMUNÁLNÍMI ODPADY

Zajištění soustředování KO bylo plně převzato z vyhlášky č. 321/2014 Sb. Obec musí zajistit místa pro oddělené soustředování odpadů po celý rok. Výjimkou jsou nebezpečné odpady, u těch je dostačující zajistit místo soustředění pouze dvakrát ročně. Pro eliminaci ohrožení životního prostředí a lidského zdraví při manipulaci s tímto druhem odpadů je nutné předání provést za asistence obsluhy.

Nastavení obecního systému nakládání s komunálními odpady provádějí obce pomocí obecně závazných vyhlášek, které by měly být v průběhu tohoto roku aktualizovány. Ministerstvo vnitra spolu s Ministerstvem životního prostředí připravilo metodický návod [2–4] k nastavení obecního systému nakládání s KO a vypracování obecně závazné vyhlášky.

Podrobnosti, jakým způsobem musejí obce zajistit soustředování KO, jsou uvedeny níže:

### A. Oddělené soustředování

Obce mají povinnost určit místa pro oddělené soustředování recyklovatelných složek KO (§ 59 odst. 2 ZoO). Odděleně soustředovaný papír, plast, sklo a kov mohou být soustředovány společně, ale nesmějí být příčinou snížení možnosti využívat tyto odpady v souladu s hierarchií odpadového hospodářství (viz § 30 ZoO). Kapacitami kontejnerů a množstvím svozů lze zohlednit sezonní změny. Obce mají povinnost dosahovat vysokých cílů třídění KO. Konkrétně je nastaveno 60 % odděleně soustředovaných složek do roku 2025, 65 % do roku 2030 a 70 % do roku 2035. Toho mohou dosahovat buď následným tříděním smíšeného KO na lince, anebo podporou třídění složek KO přímo u producentů, respektive občanů. Je povinností zavést třídění minimálně pro papír, sklo, kov, plasty, bioodpad, oleje a tuky a do roku 2025 i textilu. Od roku 2023 při organizování sběru objemného odpadu je povinností jej před uložením na skládku také roztrždit na základní složky, jako je plast, papír a dřevo, pokud nebyl při soustředování oddělován alespoň kov, plast a biologický odpad velkých rozměrů.

### B. Komunitní kompostárna

Nakládání s biologicky rozložitelným odpadem je ve VNO ošetřeno mnohem podrobněji než v dřívější vyhlášce č. 341/2008 Sb. V tabulce č. 1 a 2 přílohy č. 24 VNO jsou vymezeny biologicky rozložitelné odpady, které lze zpracovávat biologickými procesy ve vymezených zařízeních (dle kapacity kompostárny dělíme na velká a malá zařízení). Podle ZoO musejí být tyto odpady přednostně zpracovány právě biologickými procesy. Pro zefektivnění procesu kompostování a zlepšení kvalitativních vlastností výstupu mohou být do těchto procesů přidávány zeminy, písky a látky s prokazatelně zlepšujícími účinky.

Nově je definován termín zakládka jako základní technologický pojem pro stanovení správného postupu zpracování rostlinných zbytků. Zakládka je směs biologických odpadů nebo rostlinných zbytků z údržby zeleně, zahrad a domácností a dalších složek, složených podle stanovené skladby (receptury) ve stejném termínu do jedné či více hromad tak, aby byl zajištěn aerobní proces (§ 2 písm. g) VNO). Zakládka je také základní jednotkou, ke které se vede evidence o složení kompostovaných materiálů, dále o zjištěných parametrech kompostovacího procesu (teplota, vlhkost), následně provedených opatřeních (překopávka, zavlažení) a o délce kompostovacího procesu a kvalitě výstupu – kompostu.

Pro nakládání s vytříděným bioodpadem si může obec nebo sdružení obcí zřídit komunitní kompostárnu. Ohlášení provozu komunitní kompostárny je součástí ročního hlášení obce, na jejímž území je komunitní kompostárna provozována. Komunitní kompostování, jež bylo dosud ošetřeno pouze metodickým pokynem, je nyní upraveno v § 54 VNO. Komunitní kompostárna je dle ZoO považována za předcházení odpadů, ale z důvodu shodného procesu kompostování budou od roku 2025 požadavky na vybavení komunitní kompostárny

a kompostovacího procesu shodné s požadavky na kompostárny odpadové. Provozovatel komunitní kompostárny má povinnost vést evidenci, jaké množství rostlinných zbytků a od jaké obce do kompostárny převzal. Rozsah evidence je uveden v příloze č. 33 VNO. Od počátku roku 2022 již bude provozovatel komunitní kompostárny muset navíc plnit povinnosti vedení provozního deníku v předepsané formě dle přílohy č. 32 VNO. Hlášení o množství zpracovaných bioodpadů v roce 2021 bude muset zaslat do 28. února 2022.

### C. Sběrné dvory

Dalším způsobem zvýšení využitelného podílu KO je provozování sběrných dvorů, a to opět buď samotnou obcí, nebo sdružením obcí. Provozování současných zařízení lze i nadále řídit dle § 14 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., ještě po dobu dvou let. To znamená, že nejdéle 6 měsíců před uplynutím dvouleté lhůty je nutné zažádat o vydání povolení dle nového ZoO. Současně je nutné provést revizi povolení provozu zařízení včetně provozních řádů ve lhůtě 6 let ode dne nabytí právní moci povolení provozu zařízení. V jiném případě nelze toto zařízení dále provozovat. Pokud sběrné dvory přebírají odpad v rámci obecního systému a neposkytují za převzetí odpadu úplatu, nemusejí u kovového odpadu vést podrobnou evidenci o přijatých odpadech ani o předávající osobě, čímž se vyhnou povinnosti instalace systému (§ 19 ZoO).

### D. Školní sběr

Od 1. ledna 2021 může škola přebírat od žáků a studentů pouze odpady papíru, plastů a kovů z domácností. Původcem odpadů sebraných ve školách během školního sběru je obec. V rámci hlášení za rok 2021 obec zahrne tyto odpady jako vlastní produkci (A00). Informaci o množství předá škola obci zasláním vyplněného formuláře stanoveného v příloze č. 3 VNO. Školy musejí od začátku roku informovat osobu, již odpad předávají, o tom, že původcem odpadu, který je uváděn do evidence, je obec.



#### E. Skládky

Jako nejméně vhodný způsob nakládání s odpady je hodnoceno skládkování. VNO obsahuje seznamy odpadů, jež je striktně zakázáno na skládky ukládat. V příloze č. 4 v bodě C se jedná o nebezpečný odpad, který bude od roku 2022 technicky vhodnější spálit ve spalovnách nebezpečného odpadu, a v bodě E o ostatní odpady, pro něž existují recyklační technologie, které bude zakázáno skládkovat od roku 2030. To znamená, že za odpady uvedené v bodě E se hradí vyšší skládkovací poplatky, a to již od roku 2022. Do konce roku 2021 je ukládání odpadů v bodě E zpoplatněno jako zbytkový odpad. VNO také vyžaduje v základním popisu odpadu odůvodnění, proč s odpadem nelze nakládat jiným způsobem, který je v souladu s hierarchií způsobů nakládání s odpady (§ 24 a příloha č. 12 VNO). Dosud postačilo čestné prohlášení, ale dle VNO je nezbytné, aby předávající osoba dostatečnými argumenty odůvodnila, proč uložení odpadu na skládku je tím nejlepším řešením. Důvod, že jiný způsob nakládání je ekonomicky náročnější, není dostatečný.

ZoO ukládá původci odpadu jednoznačnou povinnost předávat odpady přímo do zařízení (§ 15 ZoO). Není možné, aby provozovatel převzal do zařízení odpady, aniž by provedl jejich převjímku. V případě provedení kompletní převjímky může provozovatel zařízení přijmout odpady do vlastnictví při zahájení přepravy odpadu do jeho zařízení. Nově tak nesmějí být v evidenci odpadového zařízení uvedeny žádné odpady, které tímto zařízením fyzicky neprošly. Z tohoto důvodu má ZoO nové nástroje „zprostředkovatele“ a „obchodníka“.

#### F. Zprostředkovatel

Zprostředkovatel může uzavřít smlouvu s původcem odpadu, v níž původce zmocní zprostředkovatele k tomu, aby jeho jménem zajistil předání odpadu do zařízení určeného pro nakládání s odpady a také smlouvu s provozovatelem zařízení, na jejímž základě provozovatel přijme odpady od klientů zprostředkovatele (původců odpadů) do takového zařízení.

#### G. Obchodník s odpady

Podle ZoO může s odpady obchodovat právnická osoba nebo podnikající fyzická osoba, jež provádí nákup a prodej odpadů na vlastní odpovědnost a která zároveň pro tuto činnost získá povolení krajského úřadu (§ 11 odst. 1 písm. c) a p) a § 26 odst. 1 ZoO).

Zásadní rozdíl mezi zprostředkovatelem a obchodníkem spočívá v tom, že zprostředkovatel se převzetím odpadu nestává jeho vlastníkem, zatímco obchodník ano (§ 44 odst. 2 a § 45 odst. 3 ZoO).

#### H. Černé skládky

Pokud se vyskytne odpad nezákonně soustředěný mimo zařízení určené k nakládání s odpady a není možné dohledat osobu, která je za tento odpad zodpovědná, jedná se o tzv. černou skládku. ZoO vychází z principu „vlastnictví zavazuje“ a stanovuje postup pro zjištění osoby odpovědné za nelegálně soustředěný odpad a pro zajištění řádného naložení s ním. Vlastník pozemku, na němž se „černá skládka“ nachází, má povinnost bezprostředně po zjištění tuto skutečnost nahlásit na obecní úřad. Pokud se nepodaří zjistit původce odpadu, obecní úřad vyzve vlastníka pozemku, na kterém se „černá skládka“ nachází, k jejímu odklizení. Pokud vlastník pozemku odpad neodklidí, přestože byl k tomu vyzván, obecní úřad může vstoupit na dotčený pozemek a odpad odklidit (§ 14 odst. 5 a odst. 6 ZoO) a náklady následně vymáhat na vlastníkovu pozemku.

#### I. Evidence

Průběžná evidence za rok 2021 a 2022 se vede dle původní, zrušené vyhlášky č. 383/2001 Sb., včetně použitých kódů nakládání. Průběžná evidence odpadů se vede při každém předání nebo převzetí odpadu či naplnění prostředku pro soustředování odpadu, při každém provedení úpravy, využití nebo odstranění odpadu, při přeshraniční přepravě, dovozu nebo vývozu. Roční hlášení



(§ 27 VNO) o obecním systému nakládání s odpady je mnohem podrobnější. Byly doplněny list 6 Údaje o obsahu perzistentních organických látek podle přílohy IV nařízení č. (EU) 2019/1021, list 7 Údaje o příjmu zařízení obsahujících PCB a odpadů PCB a list 8 Údaje o vstupech a výstupech ze zařízení k mechanické úpravě, třídění, dotřídění (třídící, dotřídovací linka, mechanicko-biologická úprava apod.). Hlášení v roce 2022 je nutné zaslat do 28. února 2022 a nově jej musí podat původce odpadů, který v roce 2021 vyprodukoval minimálně 600 kg nebezpečných odpadů a nejméně 100 tun odpadů ostatních. Odpady lze podle ZoO předávat pouze do zařízení, není možné, aby provozovatel převzal odpady, aniž by provedl převjímku odpadu a převzal je do zařízení. Převjímku odpadu, tj. převzetí do vlastnictví, lze provést při zahájení přepravy odpadu do zařízení provozovatele. Pro financování obecního systému nakládání s odpady jsou stanoveny poplatky a jejich výše.

#### J. Poplatek za KO

Nový ZoO vyšel ve Sbírce zákonů 31. prosince 2020 a nabyl účinnosti 1. ledna 2021. I kdyby některá obec chtěla zavést zpoplatnění podle změných předpisů již v roce 2021, nebylo by to z procesních důvodů možné (obec nemůže vydat obecně závaznou vyhlášku podle ještě nevydaného právního předpisu a pro svolání zastupitelstva obce je stanovena lhůta nejméně 7 dní předem). Nežbylo tedy než vyjít z § 156 ZoO a v roce 2021 v obcích zachovat dosavadní, dříve zavedený systém zpoplatnění odpadů. Protože poplatek je stanoven na rok, fakticky ho lze měnit jen k 1. lednu každého roku. Od 1. ledna 2021 už mohou obce vybírat jen místní poplatek za komunální odpad, jak je definován v zákoně č. 565/1990 Sb., o místních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů (dále jen ZoP). Místním poplatkem za komunální odpad je poplatek **za obecní systém odpadového hospodářství** a poplatek **za odkládání KO z nemovitě věci**. Obec může zavést pro poplatkové období pouze jeden z poplatků. Možnost uzavření smlouvy, která byla dosud dána zrušeným zákonem o odpadech, je zcela vypuštěna.

Předmětem poplatku za obecní systém odpadového hospodářství je skutečnost, že občan-poplatník má v obci možnost využívat obecní systém nakládání s odpadem, a maximální výše sazby poplatku je 1 200 Kč (§ 10h ZoP). Poplatek za odkládání komunálního odpadu z nemovitě věci je založen na principu „znečišťovatel platí“, tedy na skutečném množství vyprodukovaného odpadu. ZoP obcím umožňuje zvolit si jednu ze tří možností stanovení základu poplatku (§ 10k ZoP) v návaznosti na systému svozu KO, který je v obci zaveden. Obec může zpoplatnit buď hmotnost odpadu odloženého z nemovitě věci v kilogramech připadajícího na poplatníka, objem odpadu

odloženého z nemovitě věci v litrech připadajícího na poplatníka, nebo kapacitu soustředovacích prostředků pro nemovitou věc na odpad v litrech připadající na poplatníka. Vybraný způsob zpoplatnění musí obec dodržovat po celý kalendářní rok.

ZoP vyjmenovává pět případů osvobození od poplatku (§ 10g ZoP), jako například pro osoby ve výkonu trestu, nezletilé osoby umístěné v dětských domovech nebo pro seniory žijící v domově pro seniory. Další osvobození či úlevy může obec stanovit v obecně závazné vyhlášce.

Obecně závazné vyhlášky o místním poplatku za komunální odpad musejí všechny obce vydat v průběhu roku 2021, jinak budou nuceny hradit provoz svého systému odpadového hospodářství pouze z vlastních zdrojů. Od 1. ledna 2022 nabývá účinnosti zákon č. 35/2021 Sb., o Sbírce právních předpisů územních samosprávných celků a některých správních úřadů, podle kterého právní předpisy obce (tedy i obecně závazné vyhlášky) nabývají platnosti až jejich zveřejněním ve Sbírce právních předpisů, nikoli vyvěšením na úřední desce obce, jako je tomu doposud. To se týká i případných změn obecně závazné vyhlášky o místním poplatku za komunální odpad. Obecně závazná vyhláška o místním poplatku za komunální odpad, jež byla nebo bude vydána v roce 2021, musí být zaslána ke zveřejnění ve Sbírce právních předpisů nejpozději do tří let od nabytí účinnosti zákona č. 35/2021 Sb., jinak pozbude platnosti.

#### K. Poplatek za ukládání odpadů na skládku

Poplatníkem poplatku za ukládání KO je od 1. ledna 2021 obec, pokud je vedena jako původce ukládaného KO (§ 103 písm. b) ZoO). Odpady jsou zákonem ZoO z důvodu odlišné výše poplatku rozděleny do 5 kategorií (využitelné, zbytkové, nebezpečné, vybrané technologické a sanační, viz § 107 a příloha č. 9 ZoO). Sazba za využitelné a zbytkové odpady je počínaje rokem 2021 navyšována až na hodnotu 1 850 Kč v roce 2029. Aby nebyl nárůst poplatků tak razantní, byla zavedena tzv. třídicí sleva, kdy například v roce 2021 bude 200 kg skládkovaného odpadu na osobu zpoplatněno pouhými 500 Kč oproti 800 Kč.

#### L. Třídicí sleva

Množství a poměr vyprodukovaných odpadů budou obce řešit jak z důvodu plnění povinných cílů, tak i z důvodu výše poplatku za ukládání odpadu na skládky. Obce mají za splnění zákonem stanovených předpokladů nárok na tzv. třídicí slevu (§ 157 ZoO). Až do konce roku 2029, tedy do začátku zákazu skládkování využitelného odpadu, mohou obce ukládat využitelný KO na skládku za snížení poplatku (viz výše bod k).

## ANALÝZA SLOŽENÍ ODPADŮ

Obce jsou postaveny před nelehkým úkolem – vyhovět právním předpisům v oblasti sběru, třídění a zpracování odpadů, aniž by byly nuceny zvyšovat poplatky.

Aby bylo možné navrhnout odpovídající plán nakládání s KO, první krok spočívá v definici produkovaného odpadu a jeho složení. Jelikož tyto vzorce závisí na několika sociálně-ekonomických faktorech, je vhodné je uspořádat předem. Navíc modely vzniku a složení odpadu se mohou lišit v různých částech obce a v průběhu času. Obecné údaje o počtu obyvatel a hospodářské činnosti živnostníků nejsou homogenní ani konstantní.

Analýza složení odpadu poskytuje informace o druzích a množstvích materiálů, které jsou v daném toku odpadu. Analýza umožňuje místním orgánům shromažďovat informace o rozsahu materiálů v jejich odpadním toku a také o množství každého z těchto materiálů a jejich relativních podílech v odpadu. Pokud se provádí v několika intervalech po dobu jednoho roku, může analýza také zdůraznit rozdíly ve složení odpadu v různých ročních obdobích.

Studie složení odpadu poskytuje informace, které lze dále použít pro postupné ekonomické, politické a organizační rozhodování. Ve studiích složení odpadu je důležitým kritériem stanovení vhodných stratifikačních faktorů: typ zástavby, zdroj odpadu, socioekonomické postavení.

V současné době není stanoven žádný evropský standard pro analýzu složení směsného KO. Existují pouze doporučení některých organizací. Nižší uvádíme nejčastěji využívané metody analýz v **evropských státech** s vyspělým odpadovým hospodářstvím.

- A. Metodika SWA-Tool – Solid Waste Analysis Tool je metodika vyvinutá v rámci projektu Evropské komise [5], jehož snahou bylo standardizovat postupy využívané při rozborech složení KO. Jak jsme uvedli výše, tato metodika se evropským standardem nestala. Metodika doporučuje analyzovat celý vzorek bez získávání podvzorku. Vzorek je získáván přímo ze sběrných nádob. Stratifikační faktory (např. typ zástavby, průměrné příjmy obyvatel, HDP na obyvatele nebo jiné statistické údaje) nejsou vyžadovány, ale jen doporučovány podle potřeb. Třídění vzorku probíhá kombinací manuálního a strojového do 13 hlavních kategorií a 35 podkategorií.
- B. Metodiku MODECOM – Method of Characterization of the household waste vyvinul francouzský úřad pro energetiku a životní prostředí (ADEME) v roce 1998 [6]. Metoda je založena na manuálním vzorkování svozových vozů. Vzorek o hmotnosti 500 kg je rozdělen do 3 velikostních skupin (> 100 mm; 20–100 mm; < 20 mm). Hlavní třídění obsahuje 13 kategorií. Metoda neuvažuje chyby v měření.
- C. Argus Method – byla vyvinuta v Německu [7]. Využívá stratifikační faktor typ zástavby a třídí vzorek o hmotnosti do jedné tuny pomocí sít na tři velikostní frakce (> 40 mm; 10–40 mm; < 10 mm). Frakce nad 40 mm je zcela tříděna do 13 kategorií, ale prostřední frakce je tříděna jen částečně.
- D. Netherlands AOO-IPA – nizozemská metoda institutu (National Institute of Public Health and Environmental Protection, RIVM), který ji používá pravidelně k analýze složení směsného KO již od roku 1971 [8]. Metoda využívá kombinaci manuálního a strojového třídění (vibrační síta) na rozdělení vzorku do 3 velikostních kategorií. Hlavní úrovní třídění si získává 11 kategorií a až 100 dalších podkategorií.
- E. Nordtest – finská metoda z roku 1995 [9]. Způsob sběru vzorků se odvíjí od konkrétního účelu vzorkování, a tím se od sebe značně liší ať už místem sběru, nebo způsobem stratifikace (zejména socioekonomické faktory, např. věk, počet členů domácnosti). Reprezentativnost vzorků je dosahována dodržováním těchto zásad: za každou analyzovanou oblast se sbírá 100–200 vzorků, tj. 1–2,5 tuny. Podvzorek je získáván kvartací a zmrzlé vzorky je nutné rozmrazovat. Počet tříděných frací je stanovován individuálně podle konkrétních potřeb jednotlivých studií.





- F. RVF – švédská metodika z roku 2005 [10], kterou pro švédské podmínky vytvořily University of Technology, NSR AB, The Swedish Sustainability Foundation a RVF. Sběr vzorků je prováděn svozovými auty. Vzorek je tříděn na 9 hlavních skupin a 22 podskupin.
- G. SAEFL – švýcarská metoda z roku 2004 [11], jejímž cílem je analyzovat složení KO s využitím stratifikačních faktorů, jako jsou socioekonomické faktory, geografická lokalita, turismus, sezonnost, rozsah sběru separovaných složek KO. Analýza 16 tun smíšeného KO byla prováděna v oblasti Bernu z 33 obcí v období jara a podzimu. Vzorek byl získán svozovými auty a manuálně roztríděn na 18 frakcí.
- H. Metodika Agentury pro životní prostředí Anglie a Walesu [12] – řeší zejména stratifikační parametry, které mají vliv na množství a složení odpadů. Sběr vzorku je prováděn ve sběrných místech a je analyzován celý bez získávání podvzorku. Manuálním tříděním je získáváno 13 hlavních kategorií a 37 podkategorií.



V **České republice** byla v rámci projektu SP/2f/132/08 – Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání [13] – vypracována metodika pro vzorkování, třídění a následný rozbor smíšeného KO. Sledovány byly tři typy zástavby – sídlištní, venkovská a smíšená v měsíčních intervalech po dobu jednoho roku. Byl analyzován svoz jednoho automobilu (cca 6–8 tun). Kvartací zmenšený podvzorek o hmotnosti 200 kg byl manuálním rozbořem pomocí sít roztríděn na tři frakce (> 40 mm; 8–40 mm; < 8 mm). Zrnitostně největší frakce byla tříděna na 11 kategorií. Prostřední frakce je tříděna jen částečně. Při analýze jsou odebírány jednokilogramové laboratorní vzorky, jež jsou podrobeny fyzikálně-chemickým analýzám. Jsou zjišťovány tyto ukazatele: vlhkost, spalné teplo, spalitelné látky, obsah fluoridů, chloridů, dusíku, síry a těžkých kovů, obsah organického uhlíku a dalších specifických látek, jako například polychlorovaných bifenylů a polycyklických aromatických uhlovodíků.

Z důvodů časových, ale zejména finančních, jsou další metodiky rozborů smíšených KO zjednodušené.

Například společnost Odpadová Poradenská, s. r. o., [14] provádí rozbor pouze čtyři a jen ve dvou typech zástavby, aby pokryly stratifikaci ročních období a typ zástavby. Vzorek byl odebírán svozovým autem a manuálně pomocí jednoho síta roztríděn na kategorie odpadů shodných s metodikou projektu SP/2f/132/08.

Firma EKO-KOM, a. s., [15] provádí rozboru ze tří typů zástavby – sídlištní, venkovské a vilové. Z každého typu zástavby zanalyzuje 200 kg smíšeného odpadu roztríděného na dvě frakce – nadsítná (> 40 mm) a podsítná (< 40 mm). Analýzy jsou zaměřeny pouze na látkové složení, zjišťuje se obsah 9 kategorií. Fyzikálně-chemické analýzy nejsou prováděny, nicméně průměrná vlhkost materiálu je k získaným datům dopočítávána.

VÚV TGM v rámci řešení projektu CZ.071.02/0.0/0.0/16\_040/0000379 *Odpady a předcházení jejich vzniku – praktické postupy a činnosti při realizaci závazků Krajského Plánu odpadového hospodářství hlavního města Prahy* [16] prováděl rozbor smíšeného KO, který vycházel z metodiky projektu SP/2f/132/08. Po dobu dvou let byly analyzovány tři typy zástavby – sídlištní, venkovská a centrální. Rozboru byly prováděny ve dvouměsíčních intervalech. Při každém bylo ze svozového auta odsypáno cca 1 000 kg hlavního vzorku, který byl pak manuálně pomocí sít tříděn do čtyř zrnitostních frakcí (> 40 mm; 40 mm, 20 mm; < 8 mm). Frakce nad 40 mm byla tříděna do 12 hlavních kategorií a 15 podkategorií. Ostatní frakce nebyly dotřídovány. Byly odebírány dvoukilogramové vzorky pro fyzikálně-chemické analýzy. Současně byl každý měsíc prováděn monitoring stratifikací, jako například typy a efektivita využívání nádob pro tříděné složky KO a jejich čistota, donášková vzdálenost, sociodemografické údaje, občanská obslužnost.

Díky spolupráci se společností Pražské služby, a. s., jsme metodiku rozboru využili i pro rozbor smíšeného KO k vyhodnocení účinnosti pilotních projektů v městských částech, kde bylo změněno spektrum nebo rozsah tříděných složek KO. V dalším případě, s ohledem na potřeby koncové technologie kompostování, byla metodika upravena tak, že analýza tříděného biologicky rozložitelného odpadu navíc zjišťovala počet kusů nevhodných příměsí. U těchto typů vzorkování nebylo cílem vyhodnocovat či porovnávat složení smíšených komunálních odpadů s jinými obcemi, nýbrž porovnat oblast pilotního projektu s oblastí, kde systém sběru KO zůstal nezměněn. Výsledky sloužily nejen k vyhodnocení úspěšnosti pilotních projektů, ale i k cílené motivaci obsluhovaných rezidentů.



Obr. 1. Manuální rozbor smíšeného komunálního odpadu realizovaný pracovníky VÚV TGM  
Fig. 1. Manual analysis of mixed municipal waste performed by WRI TGM employees

## ZÁVĚR

Systémy nakládání s komunálním odpadem se od letošního roku stávají složitějšími. Česká republika stejně jako většina evropských zemí je povinná splnit národní cíle v oblasti recyklace a využití zákazu skládkování. Strategie k dosažení cílů vyžaduje podrobné informace o množství vyprodukovaných odpadů a jejich složení. Ke sledování pokroku při plnění cílů a závazků nejen České republiky, ale i samotných obcí jsou potřeba informace, které lze mimo jiné získat i analýzami složení a kvality komunálních odpadů. K tomu lze využít analýz a výše uvedených metodik ať už pro porovnání s jinými obcemi a využití jejich zkušeností, nebo pro vyhodnocení vlastních specifických projektů. S obojím je tým VÚV TGM připraven obcím pomoci.

## Poděkování

*Příspěvek byl podpořen z institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné organizace VÚV TGM v rámci interního grantu č. U4802/2021.*

## Literatura

- [1] INFO@AION.CZ, A. C. 128/2000 Sb. Zákon o obcích. *Zákony pro lidi* [on-line]. [vid. 30. červen 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-128>
- [2] OODP-MM\_Min\_vnitra\_Pravni\_vyklad\_Obecni\_system-15122020.pdf [on-line]. [vid. 25. červen 2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni\\_obecneho\\_systemu\\_odpadoveho\\_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-MM\\_Min\\_vnitra\\_Pravni\\_vyklad\\_Obecni\\_system-15122020.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni_obecneho_systemu_odpadoveho_hospodarstvi/$FILE/OODP-MM_Min_vnitra_Pravni_vyklad_Obecni_system-15122020.pdf)
- [3] OODP-MM\_Min\_vnitra\_Vzor\_OZV\_Obecni\_system-15122020.pdf [on-line]. [vid. 25. červen 2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni\\_obecneho\\_systemu\\_odpadoveho\\_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-MM\\_Min\\_vnitra\\_Vzor\\_OZV\\_Obecni\\_system-15122020.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni_obecneho_systemu_odpadoveho_hospodarstvi/$FILE/OODP-MM_Min_vnitra_Vzor_OZV_Obecni_system-15122020.pdf)
- [4] OODP-MM\_Min\_vnitra\_Zmocneni\_k\_vydani\_OZV-15122020.pdf [on-line]. [vid. 25. červen 2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni\\_obecneho\\_systemu\\_odpadoveho\\_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-MM\\_Min\\_vnitra\\_Zmocneni\\_k\\_vydani\\_OZV-15122020.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/stanoveni_obecneho_systemu_odpadoveho_hospodarstvi/$FILE/OODP-MM_Min_vnitra_Zmocneni_k_vydani_OZV-15122020.pdf)
- [5] SW-TOOL CONSORTIUM. *Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool)* [on-line]. B. m.: European Commission. Březen 2004. Dostupné z: <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>
- [6] WAVRER, P. Theory of Sampling (TOS) applied to characterisation of Municipal Solid Waste (MSW)-a case study from France. *TOS forum* [on-line], nedatováno, roč. 2018, č. 8, s. 3–11. Dostupné z: [doi:10.1255/tosf.101](https://doi.org/10.1255/tosf.101)
- [7] *Merkblatt für die Durchführung von Untersuchungen zur stofflichen Zusammensetzung des Restmülls aus Haushaltungen* [on-line]. 15. leden 2013. Dostupné z: [https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/umweltschutz/Abfall/Landesabfallwirtschaftsplanung/hma-merkblatt\\_01\\_15\\_2013.pdf](https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/umweltschutz/Abfall/Landesabfallwirtschaftsplanung/hma-merkblatt_01_15_2013.pdf)
- [8] CORNELISSEN, A. A. J., OTTE P. F. *Physical investigation of the composition of household waste in the Netherlands*. B. m.: National Institute of Public Health and Environmental Protection Amersfoort. Březen 1995
- [9] Nordtest Method-Finland, nedatováno, s. 1–12. ISSN 0238-445.
- [10] RYLANDER, H. *Manual for plockanylys av hushallsavfall*. B. m.: RVF Utveckling 2005:19
- [11] FOEN, F. O. for the E. *A survey of the composition of household waste 2001/02* [on-line]. [vid. 7. červenec 2021]. Dostupné z: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/themen/thema-abfall/abfall--publikationen/publikationen-abfall/erhebung-der-kehrich-zusammensetzung-2001-02.html>
- [12] BURNLEY, S. J., ELLIS, J. C., FLOWERDEW, R., POLL, A. J., PROSSER, H. Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling* [on-line]. 2007, roč. 49, č. 3, s. 264–283. ISSN 0921-3449. Dostupné z: [doi:10.1016/j.resconrec.2006.03.015](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.03.015)
- [13] BENEŠOVÁ, L., ČERNÍK, B., HNAŤUKOVÁ, P., KOTOULOVÁ, Z., VRBOVÁ, M. *Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání* [on-line]. Zpráva pro závěrečný kontrolní den. B. m.: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 2008. Dostupné z: [http://www.komunalniopad.eu/download/Prubezna\\_zprava\\_odpady\\_2008\\_web.pdf](http://www.komunalniopad.eu/download/Prubezna_zprava_odpady_2008_web.pdf)
- [14] *Rozbory směsných komunálních odpadů | Odpadová poradenská* [on-line]. [vid. 2. leden 2021]. Dostupné z: <https://www.odpadovaporadenska.cz/pro-obce/rozbory-sko/>
- [15] HRABINA, D. Metodika analýz komunálních odpadů. In: *Odpady a obce 2017: Odpady a obce 2017* [on-line]. 2017, s. 57–58. Dostupné z: [https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/SBORN%C3%8DK%2017\\_20170619.pdf](https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/OD/SBORN%C3%8DK%2017_20170619.pdf)
- [16] VOLOŠINOVÁ, D., KOŘÍNEK, R., MAKOVCOVÁ, M. Monitoring odpadové obslužnosti pro tříděné složky komunálního odpadu na území hlavního města Prahy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2019, roč. 61, č. 6, s. 40–46. ISSN 0322–8916, 1805-6555.

## Autoři

**Ing. Dagmar Vološinová**  
✉ [dagmar.volosinova@vuv.cz](mailto:dagmar.volosinova@vuv.cz)  
ORCID: 0000-0003-1195-7046

**Ing. Robert Kořínek, Ph.D.**  
✉ [robert.korinek@vuv.cz](mailto:robert.korinek@vuv.cz)  
ORCID: 0000-0001-5849-5606

**Ing. Jiří Kučera**  
✉ [jiri.kucera@vuv.cz](mailto:jiri.kucera@vuv.cz)  
ORCID: 0000-0002-7540-4750

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.07.004

## MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT IN THE LIGHT OF NEW REGULATIONS

**VOLOSINOVA, D.; KORINEK, R.; KUCERA, J.**

T. G. Masaryk Water Research Institute

**Keywords:** waste – municipal waste – disposal – legislation – circular economy

Modern municipal services in solid waste management usually include cleaning and cleaning of public spaces, collection, transport, recycling and disposal of generated waste. Solid waste management services are among the most expensive and complicated municipal work systems for the public. At the same time, it can also be the least awarded communal service. Water, electricity, firefighting and police protection meet the daily needs of residents and businesses fundamentally and immediately. Therefore these services are given a much higher priority by the community and its leadership. Waste management services are usually one of the most minor „fragrant“ public services, but their flawless functionality and efficiency have far-reaching implications. The legislation serves to ensure the sustainability and uniformity of the waste management process. Regulations governing the waste management of municipalities in the Czech Republic have been updated for a long time this year, and to date (1 July 2021) Act No. 541/2020 Coll., On waste and Decree No. 8/2021 Coll., The Catalog of wastes, are effective. The second implementing regulation, the Decree on Waste Management, is currently in the Government's Legislative Council. Its release is expected during July. The following article describes what changes these regulations bring for municipal waste management and how to prepare for them.





# Autoři VTEI

## Mgr. Pavel Kožený

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [pavel.kozeny@vuv.cz](mailto:pavel.kozeny@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Vedoucí oddělení ochrany vodních ekosystémů VÚV TGM, kde pracuje od roku 2003. Vystudoval hydrobiologii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. V řešených projektech se zabýval dynamikou a významem říčního dřeva v korytech vodních toků a jeho aplikací při revitalizacích a přírodě blízkých úpravách vodních toků. V současnosti se věnuje vztahu hydromorfologických vlastností vodního prostředí, kvality vody a společenstev vodních organismů.

## RNDr. Aleš Létal, Ph.D.

PřF UPOL Olomouc

✉ [ales.letal@upol.cz](mailto:ales.letal@upol.cz)  
[www.upol.cz](http://www.upol.cz)



RNDr. Aleš Létal, Ph.D., je odborným asistentem na Katedře geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci od roku 1997. V roce 1997 dokončil v magisterském programu na Katedře geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci obor učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů biologie, zeměpis, ochrana a tvorba životního prostředí. V roce 2005 úspěšně ukončil doktorský studijní program Fyzická geografie na Katedře fyzické geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Specializuje se na výzkumné aktivity v oblasti archeologie krajiny, aplikace GIS v geovědních disciplínách a využití pokročilých metod mapování krajiny.

## Ing. Pavel Richter, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [pavel.richter@vuv.cz](mailto:pavel.richter@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://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 Krajinné 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. Zaměřuje se na problematiku 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. Dagmar Vološinová

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [dagmar.volosinova@vuv.cz](mailto:dagmar.volosinova@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Ing. Dagmar Vološinová je zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., v Praze od roku 2002. Absolvovala Českou zemědělskou univerzitu v Praze, Fakultu agronomickou. V rámci působení v Centru pro hospodaření s odpady (CeHO) se zabývá problematikou environmentální odpadové stopy, odpadového a oběhového hospodářství. V současnosti se podílí na řešení projektů nakládání s komunálními odpady v ČR i zahraničí.

## Ing. Michal Vrána

ČVUT v Praze

✉ [michal.vrana@fsv.cvut.cz](mailto:michal.vrana@fsv.cvut.cz)  
[www.cvut.cz](http://www.cvut.cz)



Ing. Michal Vrána je absolventem bakalářského (2019) a magisterského (2021) oboru Inženýrství životního prostředí na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Nyní působí jako doktorand na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze. Zabývá se zejména půdní erozí, konkrétně analýzou půdních charakteristik.

# Rozhovor s paní Heide Jekel, prezidentkou Mezinárodní komise pro ochranu Labe

Den, kdy se vám do ruky dostává toto číslo našeho časopisu VTEI, se vzácně kryje s termínem konání Magdeburského semináře o ochraně vod 2021, pořádaného Mezinárodní komisí pro ochranu Labe (MKOL). Využíváme proto této příležitosti a přinášíme vám krátký rozhovor se současnou prezidentkou této komise paní Heide Jekel. Její medailonek naleznete v rámečku pod rozhovorem.

## Co bylo impulzem věnovat se problematice vodního hospodářství?

Mé první zaměstnání po studiích bylo v Zemské okresní vládě v Koblenci, kde jsem působila jako právnička na vodní právo. Zabývala jsem se agendou týkající se udělováním povolení k nakládání s vodami, určování ochranných pásem vod atd. Tato velmi zajímavá kombinace právních a technických otázek zaměřených na oblasti životního prostředí formovala můj budoucí profesní život.

## Pokud jde o vodní hospodářství, jste velmi aktivní minimálně na evropské úrovni. Jaká byla vaše první zkušenost s mezinárodní spoluprací?

Když jsem začala působit v oblasti Úmluvy o vodách EHK OSN. Ještě předtím, než se z ní stala celosvětová dohoda, se mnoho zástupců z různých zemí celého světa setkala a společně diskutovalo o této Úmluvě na workshopech a seminářích.

## Máte nějaké zkušenosti nebo srovnání s aktivitami mimoevropských komisí, které se věnují ochraně vod?

Na práci Úmluvy o vodě se podílí několik říčních komisí a komisí povodí z jiných částí světa. Vyměňují si své zkušenosti a znalosti s komisemi z regionu EHK OSN. Pracovní struktury jsou často podobné, ale politické a ekonomické podmínky jsou někdy dost odlišné. A množství vody či její nedostatek jsou zde mnohem větším problémem než v komisích v EU.

## Od letošního roku jste prezidentkou MKOL. Předtím jste ve stejné pozici působila v MKOOpZ, aktivně SRN zastupujete i v dalších mezinárodních komisích (např. MKOD). Jaké je z pozice prezidentky vaše srovnání práce v labské a oderské komisí?

Nemyslím si, že jsou velké rozdíly ve funkci prezidentky jedné nebo druhé komise. Jako prezidentka zastupujete komisi a spolu se sekretariátem zajišťujete chod komise a její každodenní práci. Obě komise se samozřejmě liší, pokud jde o počet delegací nebo způsob vyjednávání atd., ale práce prezidentky je spíše podobná.

## V rámci MKOL jste již 11. prezidentkou této komise. Jaké jsou vaše cíle, kterých byste chtěla ze své pozice dosáhnout?

Ráda bych pokračovala v úspěšné práci této komise a udržovala v rámci MKOL dobrou atmosféru spolupráce mezi Českou republikou a Německem. Dokončíme a zveřejníme třetí mezinárodní plán oblasti povodí a druhý mezinárodní plán pro zvládání povodňových rizik. Budeme pokračovat v diskuzích o implementaci náročné Koncepce MKOL pro nakládání se sedimenty. A budeme se zabývat dalšími výzvami, jako jsou důsledky změny klimatu, nedostatek vody a sucho.

## Několikrát jste díky své práci navštívila i Českou republiku. Je nějaké město nebo místo, kam se ráda vrátíte nebo kam byste se chtěla znovu podívat?

To je obtížná otázka, protože Česká republika má tolik krásných měst a regionů. Ráda bych se vrátila například do Hrubého Jeseníku.

Redakce

## Heide Jekel



Paní Heide Jekel, narozená v roce 1961, je vedoucí oddělení „Spolupráce v mezinárodních povodích, vodohospodářské úmluvy, mezinárodní právo v oblasti ochrany vod“ Spolkového ministerstva životního prostředí SRN. Zastupuje Německo v šesti mezinárodních komisích povodí a několika bilaterálních komisích pro vodu. Po vystudování práv zahájila svou profesní kariéru v Zemské okresní vládě v Koblenci a na Ministerstvu životního prostředí spolkové země Porýní-Falc. Od roku 1994 pracuje na Spolkovém ministerstvu životního prostředí SRN. Nejprve se zabývala právními otázkami týkajícími se konečného ukládání radioaktivního odpadu, poté působila jako atašé pro životní prostředí při Stálém zastoupení Německa u Evropské unie v Bruselu, mimo jiné během německého předsednictví EU v první polovině roku 1999. Poté několik let pracovala v oddělení vodního práva, kde se účastnila např. implementace Rámcové směrnice o vodách ES do vnitrostátního spolkového práva. Od roku 2021 je prezidentkou MKOL.

# Interview with Mrs. Heide Jekel, President of the International Commission for the Protection of the Elbe

The day you receive this issue of VTEI magazine, it rarely coincides with the date of the Magdeburg Seminar, organized by the International Commission for the Protection of the Elbe (ICPOL). We therefore take this opportunity to bring you a brief interview with the current President of this Commission, Mrs. Heide Jekel. You can find her biographical profile under the interview.

## What was the impuls to dedicate yourself to the issue of water management?

After my studies my first job was in a German district government as water lawyer. I dealt with licensing of water uses, designation of water protection zones etc. This very interesting combination of legal and technical issues in the environment sector has shaped my future professional life.

## At least at European level, you are very active in the field of water management. What was your first "international" experience in this field?

When I started working in the framework of the UNECE Water Convention. Even before it became a global convention, a lot of countries from the whole world has met and discussed together in workshops and meetings under this Convention.

## Do you have any experience or comparing with the activities of similar commissions outside the EU that are dedicated to water management?

Several river or river basin commissions from other areas in the world are participating in the work of the Water Convention. They exchange their experience and knowledge with the commissions from the UNECE region. Working structures are often similar, but political and economic conditions are sometimes rather different. And water quantity/water scarcity is a much bigger issue than in the commissions in the EU.

## You have been the president of IKSE since this year. Prior to that, you worked in the same position in IKSO, you actively represent Germany in other international commissions (e.g. ICPDR). What is your comparison of work from the position of president in the Elbe and Oder commissions?

I do not think that there are big differences in being a president of one or the other commission. As president you represent the commission and together with the secretariat you keep the commission and its daily work running. Of course the commissions are different with regard to the number of delegations or negotiation mentalities etc. But as president work is rather similar.

## Within IKSE you are already 11<sup>th</sup> President of this Commission. What are your goals that you would like to achieve from your position?

I would like to continue the successful work of this commission and keep the good atmosphere of cooperation between the Czech Republic and Germany in the framework of the ICPE. We will finalize and publish the third international river basin management plan and the second international flood risk management plan. We will continue the discussions on the implementation of the challenging ICPE sediment management concept. And we will tackle other challenges like the effects of climate change like water scarcity and droughts.

## Thanks to your work, you have also visited the Czech Republic for several times. Is there any city or any place you would like to return to or would you like to see again in the Czech Republic?

This is a difficult question as the Czech Republic has so many beautiful cities and regions. I would like to return to the Old Father Mountains (Hrubý Jeseník) for example.

## Heide Jekel



Mrs. Heide Jekel, born 1961, is Head of the Division „Cooperation in International River Basins, Freshwater Management Conventions, International Freshwater Protection Law“. She represents Germany in six international river basin commissions and several bilateral water commissions. After having graduated in law Mrs. Jekel had started her professional career in the district government in Coblenz and the environment ministry of the German federal state Rhineland-Palatinate. Since 1994 she has worked in the Federal Environment Ministry, first dealing with legal issues concerning the final disposal of radioactive waste, then as environment attaché in the Permanent Representation of Germany to the European Union in Brussels, inter alia during the German EU Presidency in the first half of 1999. Afterwards she has worked several years in the water law division, e.g. transposing the EC Water Framework Directive into national federal law. She has been the president of IKSE since 2021.

# Centrum Voda

**Klíčová slova:** klimatická změna – zásobování vodou – adaptační opatření – mitigační opatření

## HLAVNÍ ZAMĚŘENÍ: ADAPTAČNÍ SPOLEČNOSTI A VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ NA ZMĚNY KLIMATU

Centrum Voda je výzkumný projekt, který hledá řešení problémů vyplývajících z klimatické změny a jejího vlivu na vodní poměry. Snažíme se nalézat odpovědi na základní otázky, jestli dokážeme zajistit dostatek kvalitní vody nejen pro potřeby člověka, ale i pro naši krajinu, zda se zvládneme vyrovnat s přívalovými povodněmi a jak dále snižovat znečištění vodního prostředí.

Centrum Voda je výsledkem dlouhodobého výzkumu, jenž je součástí širšího programu Prostředí pro život, který připravilo a jehož odborným garantem je Ministerstvo životního prostředí (MŽP). Činnost Centra byla zahájena v roce 2020, je naplánována do roku 2026 a financuje jej Technologická agentura České republiky.

Projekt vede VÚV TGM a podílí se na něm:

1. Český hydrometeorologický ústav
2. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
3. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
4. Česká zemědělská univerzita v Praze
5. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.
6. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
7. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.

Výzkum v rámci projektu Centrum Voda přispěje k lepšímu poznání, a to zejména v oblastech:

- budoucích požadavků na vodu v podmínkách změny klimatu při odhadu pravděpodobného vývoje společnosti
- dopadu klimatické změny na disponibilní vodní zdroje
- porovnání budoucích požadavků na vodu s množstvím disponibilní vody a určení deficitních území, doby a hloubky deficitu
- snížení povodňových rizik se zaměřením na aspekty ovlivnění povodní změnou klimatu
- vlivu klimatické změny na ekosystémy, snížení antropogenního ovlivnění vodního a na vodu vázaného prostředí, zlepšení ochrany ekosystémů
- vstupů, množství, cest a vlivu znečištění v aktuálních ukazatelích způsobujících nedosažení dobrého stavu vod
- snižování množství odpadních vod z průmyslu a míry znečištění v průmyslových odpadních vodách



Pomocí nových poznatků, zjištěných v rámci činnosti Centra Voda, a pomocí jejich šíření bude možné přispět k větší resilienci, tedy přizpůsobení se společnosti, následujícími způsoby:

- přípravou adaptačních i mitigačních opatření, posouzením jejich účinnosti, a to jednotlivě, v rámci jejich soustav i v rámci zapojení více jejich druhů
- optimalizací jejich návrhu z hlediska jejich účinnosti a ekonomické efektivity
- zlepšením – případně alespoň zachováním – stavu složek životního prostředí v podmínkách změny klimatu

Cílem projektu je také přispět k naplnění a aktualizaci základních koncepcí na úrovni státu i regionů, zejména Strategie přizpůsobení se změně klimatu, Koncepce ochrany před následky sucha, Národních plánů povodí a Plánů pro zvládání povodňových rizik. Výsledky projektu budou sloužit jako podklad pro tvorbu nové legislativy reagující na probíhající klimatickou změnu.

Práce ve výzkumné oblasti se odehrávají v rámci sedmi výzkumných pracovních balíčků pod vedením hlavních řešitelů zodpovědných za jejich řízení. Činnosti Centra Voda jsou koordinovány Řídicí skupinou, v níž jsou zastoupeni všichni partneři a všichni vedoucí pracovních balíčků a také zástupce MŽP. Mezi jednáními Řídicí skupiny zajišťuje činnosti Centra Řídicí tým pod vedením koordinátora projektu.

Centrum průběžně komunikuje navenek a prezentuje své výstupy několika směry: k odborné výzkumné a vědecké komunitě, k odborné veřejnosti i nejširší laické veřejnosti. Kostrou prezentace Centra Voda jsou webové stránky [www.centrum-voda.cz](http://www.centrum-voda.cz) se souhrnem základních informací. Prostřednictvím webových stránek jsou zveřejňovány aktuality, zprávy a komentáře, např. k výsledkům výzkumu, probíhajícím povodním nebo suchu. Součástí komunikace jsou rovněž vlastní workshopy, pořádané k podpoře interní spolupráce vědců nebo k šíření poznatků Centra Voda navenek. Centrum má snahu být otevřené směrem k dalším odborným organizacím a firmám, ale i samosprávám a úřadům, a zve je ke spolupráci na projektu. Hodlá se též prezentovat na odborných akcích s vodohospodářskou tematikou.

Členové výzkumných týmů Centra využívají pro svou vědeckou činnost i svých mezinárodních kontaktů. V oblasti mezinárodní spolupráce je významné především zapojení Centra Voda do projektu TAP Action v rámci ERA-NET Cofund Aquatic Pollutants a finanční podpora z programu Horizont 2020. Do TAP Action jsou zapojeni poskytovatelé z dalších čtyř zemí EU – Francie, Španělska, Irsko a Švédska. Projekt bude zaměřen na podporu mobility a sdílení dobré praxe, materiálů, dat a výsledků. Mezinárodní aktivity poběží od ledna 2022 do prosince 2023.

Centrum Voda pracuje již více než rok a má za sebou počáteční ustavující fázi, byť v obtížném období koronavirové pandemie. První výstupy Centra budou prezentovány v příštím roce. K zajímavým dílčím výsledkům jeho práce patří již nyní například analýza některých území, které letos postihly přívalové srážky, z hlediska půdní eroze a dopadu odtoku na zástavbu. Činnost Centra Voda se podařilo úspěšně zahájit i přes výše uvedené omezení a byl vytvořen předpoklad pro jeho další aktivity v následujících letech tak, aby připravilo kvalitní výstupy a stalo se místem setkávání a výměny poznatků a zkušeností v oblasti vodního hospodářství České republiky.

V těchto dnech se připravuje konference projektu Centrum Voda, jež se uskuteční 4. listopadu 2021.

## Autor

**Ing. Petr Březina**

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

# Vzpomínka na RNDr. Evu Kočkovou

**30. 10. 1929—13. 8. 2021, BRNO**

V pátek 13. srpna 2021 nás ve věku nedožitých 92 let opustila naše dlouholetá kolegyně RNDr. Eva KOČKOVÁ.

Nezapomenutelný úsměv spojený s často nekompromisní povahou... to byla Eva Kočková, více než 50 let zcela neoddělitelná součást brněnské pobočky VÚV TGM a problematiky hydrochemického hodnocení jakosti vod. Do VÚV TGM nastoupila hned po dokončení studia organické chemie na UJEP Brno v roce 1954, do důchodu odešla po dlouhém přesluhování až v roce 2005. S velkým zaujetím se po celou dobu věnovala širokému spektru výzkumných úkolů týkajících se nejen jihomoravských toků. Má neodmyslitelnou zásluhu na podrobných studiích ovlivnění jakosti vody v oblastech Novomlýnských nádrží, JE Dukovany a JE Temelín, NP Podyjí, Dolní Rožínky, znečištění hraničních toků s Rakouskem, zejména vlivu rakouské Pulkavy na jakost vody v Dyji, a mnoha dalších. Rodinou jí byli kolegové, v jejím případě spíše kamarádi všech generací. Jejím odkazem nezůstane jen množství vyřešených výzkumných úkolů, ale hlavně obrovská láska k profesi a lidem kolem ní.

16. srpna 2021, RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.



# VTEI/2021/5

*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 63



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 Poárová, 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)

### Odborná redaktorka:

Mgr. Zuzana Řehořová (zuzana.rehorova@vuv.cz)

### Web:

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D. (tomas.hrdinka@vuv.cz)

### Zdroje fotografií tohoto čísla:

VÚV, 123RF, Shutterstock.com

### Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s. r. o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v prosinci.  
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na [www.vtei.cz](http://www.vtei.cz).

**ISSN 0322-8916**

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

**MK ČR E 6365**



## EDMUNDOVA SOUTĚSKA

Část kaňonu říčky Kamenice v Národním parku České Švýcarsko je od konce 19. století nazývána podle tehdejšího majitele knížete Edmunda Clary-Aldringena, na jehož náklady byla soutěska zpřístupněna veřejnosti. Roku 1890 tu byla také zahájena plavba na člunech. Soutěska se nalézá na dolním toku Kamenice, východně od Hřenska, a kaňon se zde zařezává až 100 metrů hluboko do zdejších pískovců. Dochází tady proto k teplotní inverzi. Díky ní se tu dají najít horské druhy rostlin, jako například violka dvoukvětá. V Edmundově soutěsce můžeme koncem října a v listopadu pozorovat i tah lososa obecného, kterého zde každý rok vysazuje SNPČŠ. Vidět jsou pouze jednotlivé ryby, kterým se zdařil návrat z Atlantického oceánu. Dalšími zajímavými obyvateli Edmundovy soutěsky jsou bobří a vydry. Z ptačích obyvatel lze zahlédnout skorce vodního, ledňáčka říčního, čápa černého, volavku popelavou a další. *Text a fotografii dodal Václav Sojka, [www.vaclavsojka.cz](http://www.vaclavsojka.cz).*

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

veřejná výzkumná instituce

**VTEI.cz**