



VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI/2024/4

4 / Vývoj a stav povrchových vod ve významné zdrojové oblasti pitných vod
12 / Interpolace vybraných průtoků v nepozorovaných povodích IV. řádu v povodí Otavy
34 / Rozhovor s ministrem zemědělství Mgr. Markem Výborným

Psali jsme před 60 lety

Ve VTEI č. 5 z roku 1964 psal František Křivý z Prádelny česané příze v Nejdku o jejich poloproduční zkušenosti z čištění odpadních vod kovovým železem.

V čistírnách odpadních vod z bareven v našem textilním průmyslu se v současné době používá hlavně čiření zelenou skalicí a vápnem s následující sedimentací a zahušťováním kalu. Tímto způsobem se však zvýší solnost vody a množství síranů. K odstranění této nevýhody bylo v cizině zavedeno čiření kovovým železem (pilinami, hoblinami) tzv. Nierským způsobem a způsobem fy Pista. Oba způsoby pracují na stejném principu, liší se pouze stavební úpravou.

Způsob tkví v intenzivním provzdušňování odpadní vody a jejím současném promíchávání s železnými pilinami. Vzniká tak velké množství kalu ve formě hydroxidů železa, resp. sirníků železa, na který se sorbují nečistoty a barviva. Kal se odstraní z vody sedimentací.

Ověřením tohoto způsobu v našich podmínkách byl pověřen Centroprojekt Gottwaldov. V roce 1962 byly zakončeny laboratorní pokusy s těmito výsledky:

Spotřeba železa je při čiření kovovým železem větší než při čiření zelenou skalicí. Objem kalu je však menší, tj. kal má vyšší sušinu. Účinnost na ukazatele organického znečištění byla prakticky táž jako u čiření zelenou skalicí. Projevilo se však zmenšení solnosti. Koncem roku 1962, v barevně našeho závodu v Chrastavě, byla instalována poloproduční aparatura. Surová odpadní voda se čerpala ze sedimentační nádrže do válcového železného reaktoru o objemu 5,1 m³ (průměr asi 180 cm, výška 360 cm)

s kónickým dnem. V zúžené spodní části reaktoru se otáčelo míchadlo, které si samotou hřídelí nasávalo vzduch. Odtud odtékala voda s kalem do kónické plechové sedimentační nádrže a odtud již bez kalu do recipientu.

Po stránce chemicko-technologické bylo vyzkoušeno optimální množství železa potřebného pro reakci v reaktoru, jež činilo 15–20 g/l železa, a optimální průtok, který byl mezi 0,5–1,0 l/s. Při těchto podmínkách se dosáhlo snížení CHSK o víc než 50 % a barvy o víc než 90 %. CHSK použité odpadní vody z barvení buničiny kombinací přímých a sirníkových barviv kolísala v rozmezí asi 80–500 mg O₂/l. Během provozu došlo v poměrně krátké době k silné abrasi míchadla a dna nádrže reaktoru, což bylo způsobeno železnými pilinami. V další fázi zkoušek koncem roku 1963 bylo míchání a provzdušňování mechanickým míchadlem nahrazeno mamutkou. Výsledky této fáze výzkumu budou zpracovány a oponovány v I. čtvrtletí 1964. V případě příznivého výsledku budou vypracovány směrnice a podklady pro projektování a provozní aplikaci daného způsobu čištění odpadních vod v barevnách.

Z archivu VÚV TGM

Redakce VTEI



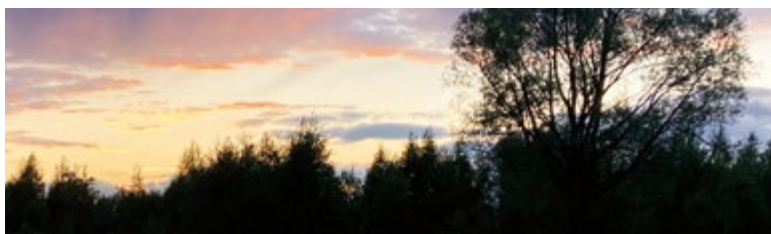
Obsah



3 Úvod

4 Vývoj a stav povrchových vod ve významné zdrojové oblasti pitných vod

David Honek, Milena Forejtníková, Zdeněk Sedláček, Jitka Novotná



12 Interpolace vybraných průtoků v nepozorovaných povodích IV. řádu v povodí Otavy

Luděk Bureš, Magdalena Samcová, Radek Roub,
Lucie Poláková, Tomáš Hejduk, Martin Štich

20 Srovnání šedé vodní stopy způsobené běžným znečištěním a mikropolutanty: případová studie ČOV Bandung v Indonésii

Libor Ansorge, Lada Stejskalová



28 Přepracovaná směrnice o čištění městských odpadních vod přináší nové výzvy nejen ve vodohospodářském sektoru

Daniela Mertová

34 Rozhovor s ministrem zemědělství Mgr. Markem Výborným

Josef Nistler



38 Nové rozvodnice povodí 1. až 4. řádu

Radovan Tyl, Petr Šercl

44 Rozvoj spolupráce s Kanadou v oblasti kvality vod

Kateřina Sovová



Vážení čtenáři,

zdá se to jako včera, kdy jsme vám přáli krásné prožití vánočních svátků – a dnes máte v ruce srpnové číslo našeho časopisu. I když tento rok utíká rychle jako voda, za těch pár měsíců došlo v naší redakci k několika důležitým událostem.

Jak asi mnozí víte, odborný časopis VTEI vychází nepřetržitě od roku 1959. Všechna vytištěná čísla byla převedena do digitální podoby a jsou pro vás k dispozici na webu VTEI v záložce „Archiv“. Také se nám po mnoha měsících příprav podařilo přichystat vše potřebné k tomu, abychom VTEI přihlásili do citační databáze Scopus, od čehož si slibujeme zvýšení kreditu našeho časopisu. V době očekávání verdiktu, zda VTEI splňuje podmínky pro přijetí do Scopusu, připravujeme také nezbytnosti pro podání přihlášky do citační databáze Web of Science (WoS) a do adresáře časopisů s otevřeným přístupem (DOAJ).

A nyní zpět k srpnovému číslu – prvním příspěvkem je článek Davida Honka a jeho kolegů z VÚV TGM, v němž je prezentován vývoj základních parametrů povrchových vod Ústecké synklinály v povodí Svitavy, kde je kladen důraz na vývoj nejen množství vody v řece Svitavě, ale i jejích základních fyzikálních a chemických parametrů s ohledem na kvalitu i budoucí zásoby pitné vody. V příspěvku jsou porovnány historické datové sady s výsledky současného monitoringu.

Oblasti povrchových vod se týká i příspěvek Ludka Bureše (ČZU) a jeho spolupracovníků. Je zaměřen na jednu z metod odhadu parametrů odtokových poměrů z povodí nazvanou Top-Kriging, jež se s úspěchem používá v Rakousku nebo Francii. Nakolik je tato metoda použitelná v podmínkách České republiky, popisuje článek „Interpolace vybraných průtoků v nepozorovaných povodích IV. řádu v povodí Otavy“.

Vodní stopa se od svého uvedení v roce 2002 stala populárním nástrojem posuzování užívání vody lidskou společností. Šedá vodní stopa pak představuje hypotetické množství vody potřebné k naředění znečištění ve vodním prostředí na přijatelnou mez „bez účinku“. Studie o srovnání šedé vodní stopy způsobené běžným znečištěním Libora Ansorgeho a Lady Stejskalové (oba VÚV TGM) zkoumá výskyt mikropolutantů v odpadních vodách v porovnání s běžně monitorovanými látkami, jako jsou živiny a organické znečištění. V rámci studie byly analyzovány 24hodinové vzorky odebrané z největší čistírny odpadních vod v Indonésii, která používá systém stabilizačních

nádrží. Samotný příspěvek rovněž zdůrazňuje důležitost sledování mikropolutantů v odpadních vodách i dalšího výzkumu ekotoxicity.

Poslední odborný článek srpnového čísla VTEI přináší pohled na hlavní body návrhu revize, resp. přepracovaného znění stávající směrnice Rady č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod, jež stanovuje pravidla pro odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod s cílem chránit životní prostředí a lidské zdraví. Autorka Daniela Mertová (MŽP) v něm přináší informace jak o zpřísnění stávajících požadavků, tak i o zavedení značného množství nových povinností, kterých bude potřeba v ambiciózních časových termínech dosáhnout.

Informativní příspěvek kolegů Radovana Týla a Petra Šercla z ČHMÚ představuje aktualizaci rozvodnic základních ploch povodí 4. řádu, jež proběhla v ČHMÚ v letech 2018–2023. Základem této aktualizace byly nejen digitální model reliéfu 5. generace a digitální topografický model ZABAGED®, ale např. i podklady o kanalizační síti v Praze, aktuální zahraniční rozvodnice sousedních států nebo výsledky projektu „*Harmonizace páteřních vodních toků*“.

Druhý informativní článek kolegyně Kateřiny Sovové z VÚV TGM v Brně pojednává o pracovní cestě českých výzkumníků do Kanady. Návštěva zahrnovala program v Montrealu a Winnipegu, konkrétně na McGillově univerzitě a Univerzitě v Manitobě, a jejím cílem byl především rozvoj spolupráce s Kanadou v rámci problematiky kvality vod, monitoringu odpadních vod a výzkumu toxicity.

Ani toto číslo není bez rozhovoru. Tentokrát se nám podařilo vyzpovídat pana Marka Výborného, současného ministra zemědělství. Kromě pohledu na jeho začátky a dnešní působení v pozici ministra se rozhovor zaměřuje i na aktivity Ministerstva zemědělství v oblasti boje proti suchu, dotačních titulů podporujících opatření ke snížení obsahu škodlivých látek v pitné vodě nebo novelizace Směrnice o čištění komunálních odpadních vod.

Vážení čtenáři, naše redakce vám přeje nejen příjemné a inspirativní chvíle při čtení tohoto čísla, ale i pohodový prázdninový čas, který máte ještě před sebou.

Redakce VTEI

Vývoj a stav povrchových vod ve významné zdrojové oblasti pitných vod

DAVID HONEK, MILENA FOREJTNIKOVÁ, ZDENĚK SEDLÁČEK, JITKA NOVOTNÁ

Klíčová slova: povrchová voda – kontaminant – řeka Svitava – Ústecká synklinála

ABSTRAKT

V příspěvku je diskutován vývoj základních parametrů povrchových vod v rámci významné zdrojové oblasti pitných vod hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy. Důraz je kladen na vývoj množství vody v řece Svitavě a vývoj základních fyzikálních a chemických parametrů těchto vod. Posuzován je možný vliv na zdejší podzemní vody, které jsou intenzivně využívány pro pitné účely. V příspěvku jsou porovnány historické datové sady s výsledky současného monitoringu v rámci projektu SS06010044 (PPŽ VI, TA ČR). Aktuální kvalitativní stav povrchových vod směřuje k opatrnosti při podpoře přímé infiltrace do podzemních vod z důvodu nebezpečí jejich kontaminace.

ÚVOD

Sledování stavu povrchových vod je dlouhodobý úkol, který je často ovlivňován soudobým nastavením společnosti a jejích zájmů. V povrchových vodách, tocích či nádržích se velmi dobře a mnohdy i velmi rychle projevují změny v životním prostředí a dopady lidské činnosti, které lze rychle zdokumentovat, změřit a analyzovat. V současné době značných environmentálních změn se často objevuje diskuze okolo kvantity a kvality vod, kde se střetávají zájmy a názory mnohých skupin a mnohdy je problematické dojít ke společnému konsenzu. Nicméně stav vod je potřeba stále monitorovat a snažit se v obecné rovině o co možná nejlepší stav bez ohledu na konkrétní využití.

Velice diskutovaným tématem je „zadržení vody v krajině“ [1]. Tomuto tématu se již dlouhá léta věnuje řada odborných pracovišť a výzkumných záměrů a téma je součástí národních i mezinárodních strategií v boji proti negativním dopadům změny klimatu [2, 3]. Existuje mnoho přístupů a doporučení, jak napomoci k zadržení vody v krajině, např. *Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině* [4]. V obecné rovině lze však konstatovat, že čím stabilnější a zdravější krajinu budeme mít, tím více vody dokáže krajina sama o sobě zadržet. Z tohoto pohledu je stále více sledována zemědělská a lesní půda a hospodaření na nich. Stav těchto půd je na mnoha místech české krajiny nevyhovující [5] a je potřeba jednat. V případě kvality povrchové vody je důležité řešit intenzivní užívání hnojiv (umělých i přírodních), pěstované plodiny a velkochovy hospodářských zvířat. Zajímavou problematikou je i množství a rozsah meliorované půdy v rámci zemědělské plochy v Česku [6], což je relativně málo diskutovaný problém, který je však důležitý právě z pohledu kvantity vody. Je logické, že pokud máme meliorovaná rozsáhlá území, tak velké množství vody zrychleně odtéká z území pryč a dochází také ke zrychlenému pohybu kontaminantů, jež se pak šíří ve vodních tocích a ukládají v nádržích. Nemluvě o tom, že aplikace opatření pro zadržení vody v krajině je v takovém případě velmi problematická až nesmyslná.

Z pohledu dlouhodobého pozorování stavu vod je nejméně složité měření množství vody, respektive vodní stav, který lze pak přepočítat na objem vody, a to jak ve vodních tocích, tak i ve vodních nádržích. Pozorovacích míst je celá řada a jsou spravována především ČHMÚ [7], státními podniky Povodí a dalšími subjekty. O něco složitější je situace ohledně sledování kvalitativních parametrů vod, což je dáno zejména složitostí měření a nutností odběrů vzorků vody, které se poté musejí laboratorně zpracovat, což značně omezuje možnosti kontinuálního měření, jak je tomu u stavu vodní hladiny. Nicméně informace o kvalitě vody jsou zcela kruciólní, pokud chceme hodnotit např. dopad lidské činnosti v oblasti průmyslu, zemědělství, nakládání s odpady, dopravy atd.

Zvolené výzkumné území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy je příkladem přírodního systému, jenž představuje významný zdroj kvalitních podzemních vod pro lidskou spotřebu, a zároveň zde lze hodnotit dopad lidské činnosti na tyto zdroje, které jsou jasně definovatelné – intenzivní zemědělství, průmyslová činnost (obzvláště v minulém století), vliv sídel a dopravy. Území je z pohledu hydrogeologického i hydrologického tvořeno uzavřeným systémem, kde veškerá srážková voda odtéká páteřním povrchovým tokem – řekou Svitavou [8, 9]. Z pohledu hydrologické bilance jsou zde odtokové poměry silně ovlivněny čerpáním podzemních vod, a to v okolí města Svitavy a především ve vodním zdroji Březová nad Svitavou, odkud jsou vody odváděny dálkovým vodovodem do města Brna [10]. Vysoká míra čerpání podzemních vod, spolu se zrychleným odtokem z území kvůli melioracím a vlivu rostoucích extrémů počasí (prudké deště vs. suchá období) dohromady způsobují velký úbytek a rozkolísanost vod v pozorovaném území. To se nejvíce projevuje ve vegetačním období, kdy je na vodní zdroje největší tlak, a např. samotná řeka Svitava ztrácí svoji vodnost už před vtokem do města Svitavy. V dnešní době se často trochu hanlivě mluví o „novém prameni Svitavy na ČOV Hradec nad Svitavou“. V tomto období také výrazně klesá kvalita vod ve vodních tocích.

Kromě změny v hospodaření či snížení spotřeby vody se hledají i další možnosti, jak tento stav zvrátit. V tomto ohledu se v posledních letech v souvislosti s tímto územím diskutuje možnost revitalizace vodních toků, které jsou z velké části zasazeny do umělých kamenito-betonových kanálů. Nejvýraznější změny byly provedeny v sedmdesátých letech 20. století při stavbě druhého březovského vodovodu, kdy došlo k opevnění cca šestikilometrového toku řeky Svitavy mezi městy Hradec nad Svitavou a Březová nad Svitavou a Banínského potoka. Tato opatření se provedla kvůli nebezpečí kontaminace vod v prameništi Březová nad Svitavou silně znečištěnými vodami z intenzivní průmyslové výroby a komunálních vod [11].

Uplynulá suchá perioda v letech 2015–2018 obrátila pozornost také na vztahy povrchové a podzemní vody ve zdrojové oblasti podzemních vod. Snahy o navyšování zásob podzemní vody pomocí zjednodušené a podpořované přímé infiltrace narážejí na nedostatečné znalosti o lokální kvalitě

těchto vod a s tím související obavy o zanesení nežádoucích kontaminantů do podzemních kolektorů využívaných nebo chráněných pro lidskou spotřebu. V dlouhodobém horizontu je sledován nárůst dusičnanů a pesticidů v podzemních vodách [12–14], jejichž původ se předpokládá převážně ze zemědělské činnosti. Pesticidy se postupně objevují i ve vodovodní síti [15], což je velmi problematické.

Ve sledovaném území je poměrně dobře monitorován stav podzemních vod jak z pohledu jakosti, tak množství, a to minimálně po dobu sta let v souvislosti s využíváním vod v březovském prameništi [10]. Povrchové vody jsou sledovány spíše nárazově a v případě systematického monitorování účelově z pohledu dopadů využívání prameniště na tok Svitavy níže po proudu. Je akcentováno dodržování minimálních průtoků v řece Svitavě pod prameništěm a dále po proudu řeky při průtoku průmyslovými městy Blanskem, Adamovem a především Brnem. Navržený monitoring nebo spíše screening kvality povrchových vod v zájmové oblasti má tento nedostatek znalostí zmírnit.

METODIKA A POPIS ÚZEMÍ

Pro potřeby projektu a naplnění jeho cílů bylo vybráno 11 lokalit pro odběry povrchové vody z řeky Svitavy a jejích hlavních přítoků (obr. 1). Řeka Svitava je páteřním tokem výzkumného území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy (dále jen HG rajon). HG rajon se rozkládá převážně na území Pardubického kraje a částečně zasahuje do Jihomoravského kraje (jižní okraje HG rajonu). Území se nachází v nadmořské výšce mezi 400 (jižní část) a 650 metry nad mořem (východní a západní okraje). Celková rozloha HG rajonu je 358 km². Je orientován severojižním směrem a reprezentuje východní okraj souvislého výskytu křídových sedimentů v České republice. Stavba HG rajonu je dána střídáním propustných hydrogeologických kolektorů (pískovců) a nepropustných hydrogeologických izolátorů (jílvců) [8, 9], díky čemuž se v území

tvorí významné vodní zdroje podzemních vod využívané zejména pro pitné účely [10, 16, 17].

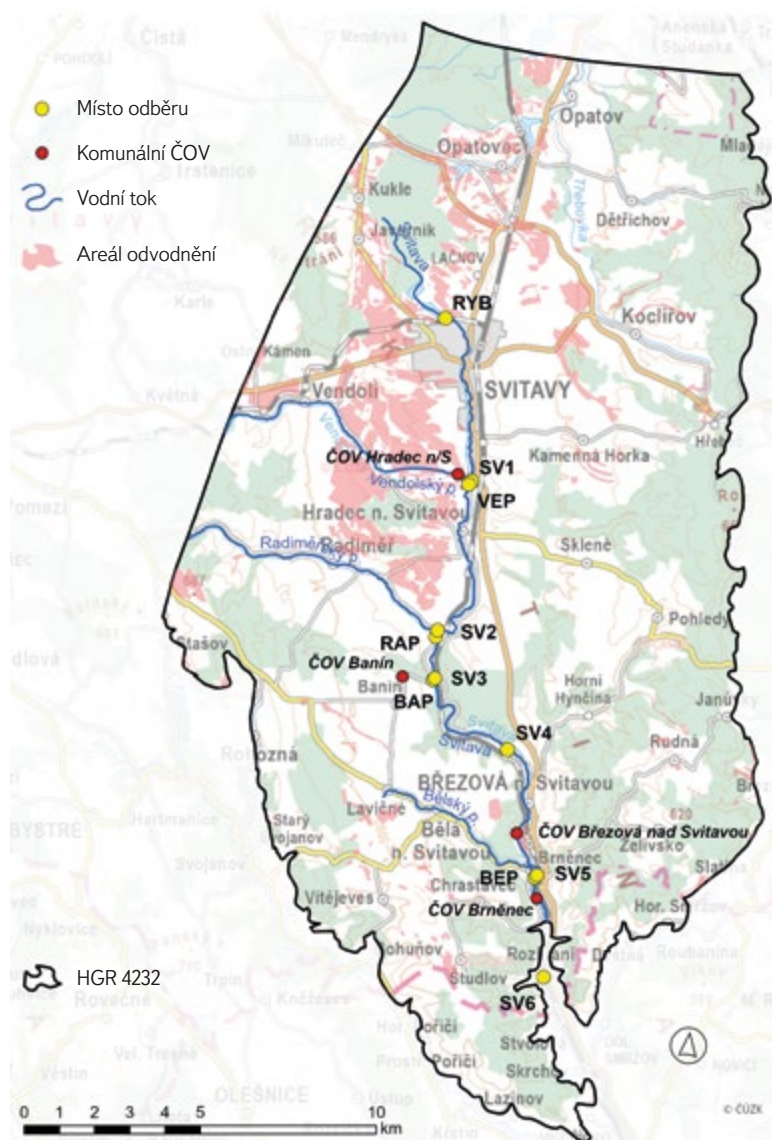
Z pohledu využití území je hydrogeologický rajon tvořen převážně zemědělskými plochami (cca 40 %), které se vyskytují v rovinatějších terénech v okolí vodních toků v horní až střední části území. Významné jsou i plochy lesů (cca 35 %), jež se nejvíce vyskytují v kopcovitějších terénech na okraji území a v jižní části, kde řeka Svitava a její přítoky jsou silně zahloubeny do okolního terénu. Obdobné rozšíření zaujímají trvalé travní porosty (cca 13 %) a zástavba (cca 11 %), přičemž zástavba je zde zcela zřetelně vázána na vodní toky (vyjma města Svitavy jsou obce velmi protáhlé a mnohdy mezi sebou vzájemně propojené). Velmi malé zastoupení tu mají vodní plochy (cca 0,3 %), které se nacházejí v severní části území. Podrobnější informace o využití území a jeho vývoji za posledních 200 let jsou k nalezení v [17].

V území se také nacházejí relativně velké oblasti odvodnění zemědělské půdy (obr. 1). Převážná část se rozprostírá v severozápadní části výzkumného území mezi sídly Opatov, Svitavy a Hradec nad Svitavou. Některé meliorace mají stáří i přes 100 let, ale většina z nich vznikala v druhé polovině 20. století [6]. Dle terénního průzkumu jsou meliorační zařízení na mnoha místech stále funkční.

Řeka Svitava tvoří páteřní tok území a v severní části HG rajonu má rozsáhlou pramennou oblast, která bývá po celý rok silně zamokřená. Vyjma Lačnovského potoka (soutok ve Svitavách) a Chrastovského potoka (soutok v Moravské Chrastové) jsou všechny významné přítoky Svitavy pravostranné. Patří mezi ně Vendolský potok (soutok v Hradci nad Svitavou), Radiměřský potok (soutok na konci obce Radiměř), Banínský potok (soutok nad vodním zdrojem Březová nad Svitavou) a Bělský potok (soutok v obci Brněnec). U soutoků s řekou Svitavou bylo stanoveno 10 odběrných míst (tab. 1), kde dochází od června 2023 k odběrům povrchových vod v měsíčním kroku. Tyto lokality jsou doplněny ještě odběrným místem na Svitavském rybníce nad městem Svitavy, který zachytává vody v podstatě z celé pramenné oblasti řeky Svitavy.

Tab. 1. Popis odběrných míst povrchové vody
Tab. 1. Description of surface water collection points

Místo odběru				
ID	Název	Vodní tok	Lokalita	Souřadnice
RYB	Svitavský rybník	Svitava	Svitavy, nad hrází, pravý břeh	49°45'53.964"N, 16°27'53.054"E
SV1	Hradec nad Svitavou	Svitava	Hradec n/S, za mostkem, místo měření ČHMÚ	49°43'27.874"N, 16°28'56.571"E
VEP	Hradec nad Svitavou	Vendolský potok	Hradec n/S, za mostkem, pod ČOV	49°43'24.485"N, 16°28'52.487"E
RAP	Radiměř	Radiměřský potok	Radiměř, před mostkem, nad ústím	49°41'1.782"N, 16°28'28.878"E
SV2	Radiměř	Svitava	Radiměř, za mostkem	49°41'7.631"N, 16°28'30.616"E
BAP	Banín	Banínský potok	za mostkem, nad ústím	49°40'22.168"N, 16°28'32.547"E
SV3	Banín	Svitava	před mostkem	49°40'23.969"N, 16°28'34.594"E
SV4	Dlouhá	Svitava	Dlouhá, za OPVZ I. stupně	49°39'25.770"N, 16°30'27.434"E
BEP	Brněnec	Bělský potok	Brněnec, nad ústím	49°37'31.586"N, 16°31'26.142"E
SV5	Brněnec	Svitava	Brněnec, nad soutokem	49°37'33.674"N, 16°31'28.266"E
SV6	Rozhraní	Svitava	Rozhraní, před mostkem, místo měření ČHMÚ	49°36'1.499"N, 16°31'53.391"E



Obr. 1. Lokalizace odběrných míst v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy (další informace v tab. 1).
Fig. 1. Location of collection points within hydrogeological unit 4232 Ústecká syncline in the Svitava river basin (further information in Tab. 1)

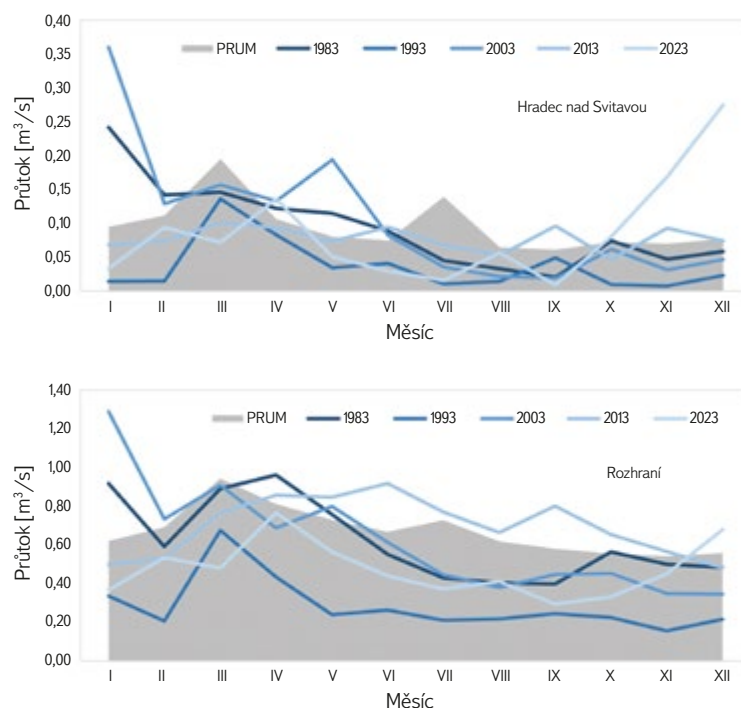
Výběr lokalit se uskutečnil přímo v terénu po konzultacích a za účasti výzkumníků pracujících na projektu. Následné odběry vzorků prováděl vzorkař s příslušnou akreditací. Základní chemické rozborů a mikrobiologické rozborů proběhly v laboratoři VÚVTGM na pracovišti v Brně a výsledky jednotlivých zkoušek jsou součástí standardní agendy laboratoře. V následující části textu zpracováváme a uvádíme jen ty ukazatele, jež jsou relevantní pro cíle projektu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Změna odtokových poměrů a vliv na vodní zdroje

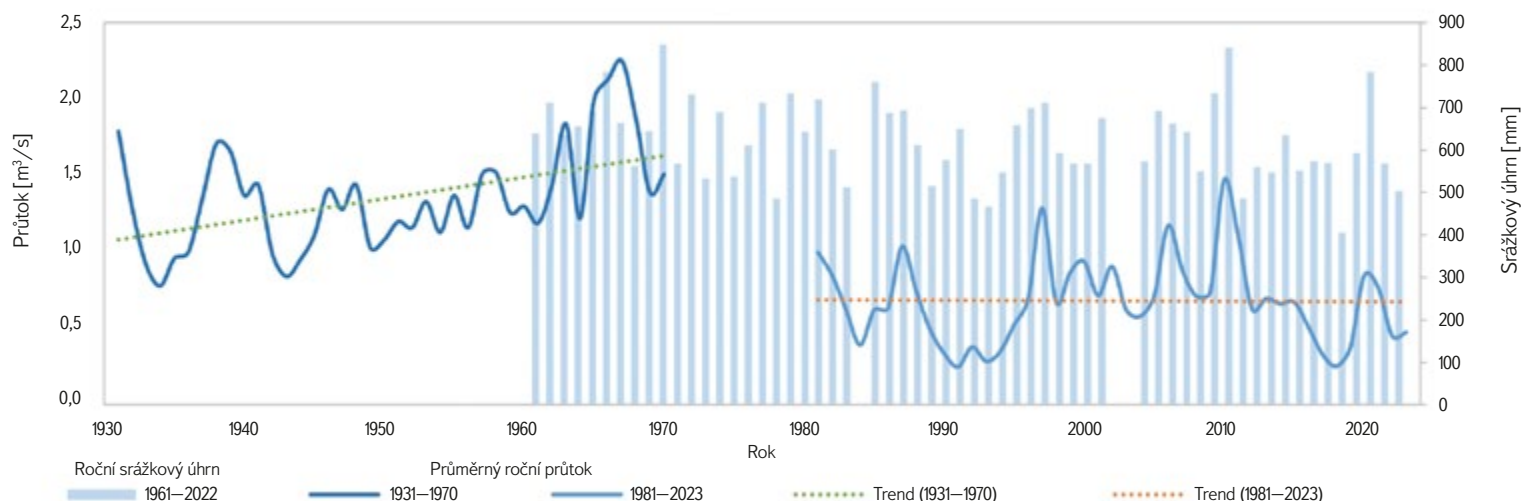
V následujících grafech na obr. 2 jsou pro srovnání zakresleny roční průběhy průměrných měsíčních průtoků vždy s odstupem 10 let. Šedá podkladová plocha vyjadřuje dlouhodobý měsíční průměr za období 1981–2023. Pro řeku Svitavu je v obou profilech charakteristický zvýšený průtok v jarních měsících,

zejména v březnu. Lze to dávat do souvislosti s táním sněhové pokrývky, jarními dešti a zemědělskou půdou bez vegetace, kdy je snazší povrchový odtok. Tuto jarní „špičku“ vykazují i téměř všechny ostatní křivky v grafu pro sledované roky, někdy však s posunem do dalších jarních měsíců. Druhý, i když nižší vrchol v dlouhodobém průměru již v dalších sledovaných letech není patrný. Jedná se o červenec, kdy často v jeho začátku dochází k efektu dlouhodobějších intenzivních srážek (např. rok 1997 na Moravě). Právě v tomto měsíci je patrná nejvýraznější změna oproti dlouhodobému průměru. Další období roku, konec léta a podzim, byla vždy obdobím nejnižších průtoků a i sledované roky jsou téměř všechny pod tímto dlouhodobým průměrem.



Obr. 2. Průměrné měsíční průtoky [m³/s] na řece Svitavě na stanicích Hradec nad Svitavou a Rozhraní (stanice spravované ČHMÚ) v období 1981–2023
Fig. 2. Average monthly flow [m³/s] of the Svitava river at the Hradec nad Svitavou station and the Rozhraní station (stations operated by CHMI), 1981–2023

V posledních letech lze velmi často pozorovat silný pokles hladiny v řece Svitavě a jejích přítocích, což se samozřejmě nejvíce projevuje v suchých obdobích. Dokladem poklesu vodnosti řeky v jejím horním toku je vývoj průtoků na vodoměrné stanici Rozhraní (obr. 3), kde jsou k dispozici data od roku 1931. Je zřetelné, že do roku 1970 byl spíše narůstající trend a průměrný roční průtok v tomto období činil 1,35 m³/s. Po roce 1981 dochází k velké změně v průtoku a v posledních letech se dostává často pod průměr za toto období, který činí 0,69 m³/s. Tato změna je spojena s vyšší mírou čerpání podzemních vod v horní části povodí, a to především pro vodárenské účely. Rapidní pokles v sedmdesátých letech je spojován zejména s výstavbou druhého březovského vodovodu pro město Brno. Na obr. 3 lze také vidět vývoj ročních srážkových úhrnů na stanici Stvolová, kde je patrný lehký pokles v posledních letech, ale tato změna není nijak významná. Z toho lze usuzovat, že na pokles průtoků v řece Svitavě má mnohem větší vliv čerpání podzemních vod.



Obr. 3. Průměrné roční průtoky [m^3/s] na řece Svitavě na stanici Rozhraní a roční srážkový úhrn na stanici Stvolová (stanice spravované ČHMÚ) v období 1931–2023

Fig. 3. Average yearly water flow [m^3/s] of the Svitava river at the Rozhraní station, and the annual amount of precipitation at the Stvolová station (stations operated by CHMI), 1931–2023

Výše uvedený rozbor naznačuje problémy, jež lze do budoucna očekávat. Již nyní jsou stanoveny limitní hladiny podzemních vod [18], které musejí zůstat zachovány. V případě, že se skutečná hladina blíží ke stanovenému limitu, bude využívání zdrojů omezováno. Pokud opět nastane několikaleté suché období, mohou být jeho dopady výraznější než nyní. Jak vyplývá z grafu na obr. 3, předcházely suchému období let 2015–2018 poměrně srážkově bohaté a vodné roky.

Vývoj kvality povrchové vody

Vývoj množství a kvality vod v oblasti horního toku řeky Svitavy je specifický. Město Svitavy mělo historicky jednu z prvních kanalizačních sítí u nás [19]. Odpadní vody však byly touto sítí odváděny bez čištění přímo do vodoteče. I po zprovoznění čistírny odpadních vod (ČOV) v Hradci nad Svitavou docházelo k pomalému napojování jednotlivých částí města na tuto čistírnu [11]. Žádná ČOV není schopná ekonomicky únosně vyčistit vodu na úroveň neovlivněného přírodního stavu. Vždy se počítá s určitým naředěním vodou z recipientu a také se samočisticí schopností vodního toku [20]. Z pohledu řešeného tématu je potřeba zmínit, že v zájmovém území se nachází 50 sídel a pouze čtyři ČOV dle databáze DIBAVOD a dalších podkladů (ne všechny jsou navíc v provozu). Je to dáno místní situací, kdy obce bývají napojeny na sdruženou kanalizační síť, např. na svitavskou kanalizační síť vedoucí na ČOV v Hradci nad Svitavou. Tomu odpovídá i údaj o „Vypouštění do povrchových vod“ z databáze ISVS – VODA (www.voda.gov.cz), kde v rámci výzkumného území je evidováno pouze pět lokalit vypouštění, přičemž čtyři jsou z místních komunálních ČOV (obr. 1).

V následujícím přehledu v tab. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty z údajů zjištěných monitoringem pro vybrané parametry. Tyto průměrné hodnoty ukazatelů poskytují přehledný obrázek o zájmovém území z hlediska jakosti povrchových vod. Jde o deset měřených hodnot (odběrů), v případě lokality SV1 jen o šest a na lokalitě SV2 o devět odběrů. Na vlastním toku Svitavy byl totiž v některých případech zcela nulový průtok a vzorek nebylo možné odebrat.

Z pohledu mikrobiologických ukazatelů je nejhůře hodnocené místo VEP, recipient vyčištěných odpadních vod z města Svitavy. V hydrologicky následujících místech na toku Svitavy je patrné, že hodnoty postupně klesají. Žádný z přítoků nedosahuje tak vysokých hodnot. Lze tedy konstatovat, že svitavská (hradecká) ČOV ovlivňuje v tomto směru řeku Svitavu po celé sledované délce. Tomuto trendu se vymyká až poslední sledovaný profil na Svitavě SV6,

kde oproti předchozímu místu SV5 dochází ke zhoršení. To lze pravděpodobně přičíst komunálnímu znečištění z Brněnce, Moravské Chrastavé a dalších částí obcí, kde se v tomto úseku zástavba přibližuje až k řece a likvidace odpadních vod není dosud uspokojivě řešena.

Obdobně je možné hodnotit i další ukazatele z první části tab. 2, kde se v místě BAP projevuje výrazněji také vliv vod z čistírny na Banínském potoce (ČOV obce Banín). Tato skutečnost je významná i proto, že Banínský potok ve svém závěrečném úseku přímo kontaktuje jímací území Březová a v posledních letech jsou zde snahy o revitalizaci vodního toku [21]. Poněkud překvapivé jsou vysoké hodnoty NO_3 v místech VEP a BAP. Většinou je zatížení dusičnany připisováno spíše zemědělskému znečištění [11–14]. Ve sledovaném případě je však spojeno i se zvýšenými hodnotami amoniakálních iontů, a může tak naznačovat, že účinnost odbourávání dusíku u obou ČOV není vysoká. Ostatní přítoky Svitavy ukazují na spíše plošné a difúzní zatížení vod. Tyto znečišťující látky by se ovšem ve vodě výrazněji projevily při nárazově zvýšených průtocích v případě přívalových dešťů, což se v rámci popisovaného monitoringu nepodařilo zachytit.

Z celého souboru odběrných míst se v mnoha ukazatelích odlišuje RYB. Vzhledem k tomu, že jde o odběr rybníční vody, projevují se na její kvalitě jiné biologické procesy. Z ukazatelů v tab. 2 je to možné dokladovat např. na nízkých koncentracích dusičnanů, přestože v povodí nad rybníkem převažuje intenzivně využívaná orná půda. Snižování koncentrací dusíku je ve stojaté vodě způsobeno chemickými oxidačně-redukčními procesy i využíváním dusíku zelenými organismy. Koncentrace fosforu, který se tu dostává do vody převážně splachy z polí, je v rybníku nejnižší ze sledovaných lokalit. Přesto je dostatečně vysoká, aby při splnění dalších podmínek umožňovala masivní rozvoj sinic. Sledování a studium těchto přírodních dějů je samo o sobě zajímavé. Lokalita však byla do monitoringu zařazena s cílem získat požadované přirozené hodnoty jakosti vody při vstupu do sledovaného systému. To však vzhledem k téměř nulovému odtoku z rybníku po většinu monitorovacího období, nebylo naplněno.

Příznivé jsou v celém povodí některé ukazatele z druhé části tabulky. Jedná se např. o kadmium a rtuť, které byly při všech odběrech pod mezí stanovitelnosti nebo náhodně těsně nad ní. Také další těžké kovy jako chrom, nikl či olovo jsou ve všech vzorcích řádově pod limity stanovenými pro tyto látky [22].

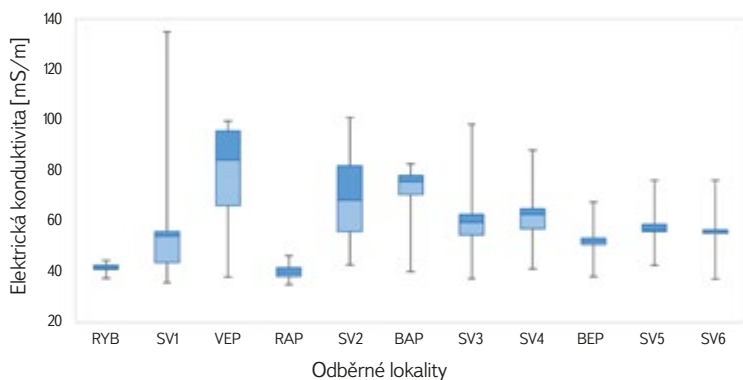
Tab. 2. Průměrné hodnoty vybraných parametrů povrchové vody
Tab. 2. Average values of chosen parameters of surface water

Místo odběru	Fek. kolif. bakt.	<i>Escherichia coli</i>	Enterokoky	pH	El. kondukt.	BSK5	CHSK-Mn	Cl	SO ₄	Amonné ionty	NO ₃	NO ₂	o-PO ₄ celk.	NL 105	RL105
ID	[KTJ/100 ml]	[KTJ/100 ml]	[KTJ/100 ml]	-	[mS/m]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
RYB	3 280,00	26,44	90,60	7,58	41,41	4,92	7,74	26,35	34,36	0,36	3,70	0,05	0,24	27,41	282,40
SV1	184 000,00	11 528,00	8 950,00	7,53	62,62	3,04	5,59	69,78	48,93	0,68	16,68	0,26	0,35	38,80	396,33
VEP	328 300,00	69 855,56	20 661,00	7,37	78,16	2,92	6,60	77,10	80,43	1,20	50,07	0,24	2,67	35,73	529,00
RAP	5 900,00	930,00	2 001,00	7,67	40,09	2,36	3,48	8,76	34,27	0,09	19,54	0,07	0,31	29,91	278,10
SV2	87 000,00	21 592,00	7 131,11	7,65	69,90	2,17	5,81	71,92	72,46	0,80	25,16	0,51	1,36	17,39	454,56
BAP	1 800,00	2 578,00	10 791,00	7,79	69,82	3,71	4,02	25,62	66,63	0,65	47,82	0,88	1,88	16,46	507,40
SV3	84 000,00	10 240,00	5 224,00	8,13	60,82	1,72	4,29	52,27	58,52	0,60	25,03	0,28	0,98	16,64	407,50
SV4	32 800,00	1 759,89	2 150,00	7,57	61,49	1,50	2,76	36,98	51,41	0,13	34,66	0,14	0,52	14,66	436,90
BEP	1 600,00	809,00	698,40	7,61	52,05	1,40	2,40	27,36	44,25	0,04	39,59	0,10	0,31	25,10	396,60
SV5	30 400,00	1 325,56	1 728,00	7,56	57,84	0,90	1,82	30,51	47,42	0,15	30,40	0,09	0,35	11,05	407,70
SV6	63 000,00	2 044,44	3 080,00	7,61	56,28	0,79	2,64	31,65	48,94	0,25	31,00	0,09	0,44	16,06	406,50

Místo odběru	Na	K	Ca	Mg	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
ID	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
RYB	12,51	4,22	64,28	4,00	156,02	3,72	< 0,1	< 1	8,35	684,90	< 0,05	67,90	2,41	1,81	5,30
SV1	39,20	2,88	77,15	3,38	275,95	1,70	0,10	1,14	4,32	711,17	< 0,05	56,00	2,63	2,14	16,67
VEP	55,27	14,26	83,57	5,93	229,66	1,64	< 0,1	1,19	4,33	560,00	0,06	60,40	2,81	1,49	25,00
RAP	2,14	2,31	75,56	1,59	196,20	1,25	< 0,1	1,21	2,67	182,20	< 0,05	27,90	2,03	1,61	7,30
SV2	46,57	10,74	78,63	4,86	169,33	1,55	< 0,1	1,10	3,30	317,33	< 0,05	43,89	2,31	1,43	12,89
BAP	12,91	7,31	128,18	2,48	160,01	1,51	< 0,1	1,08	4,01	99,71	< 0,05	24,80	2,14	1,17	11,20
SV3	29,61	7,14	80,67	3,74	117,38	1,40	< 0,1	1,08	4,99	217,70	< 0,05	29,20	2,20	1,29	11,00
SV4	18,11	4,27	97,55	3,35	95,24	1,44	< 0,1	1,09	2,61	191,48	< 0,05	27,80	2,10	1,32	9,30
BEP	6,78	2,32	91,64	2,49	142,61	1,19	< 0,1	< 1	2,28	121,40	< 0,05	27,30	2,54	1,29	7,00
SV5	11,96	3,22	94,69	3,52	76,12	1,24	< 0,1	1,07	2,49	142,50	< 0,05	25,40	2,07	1,24	8,70
SV6	12,09	3,24	95,18	3,52	90,02	1,22	0,10	1,18	2,97	259,38	< 0,05	30,00	2,33	1,59	12,80

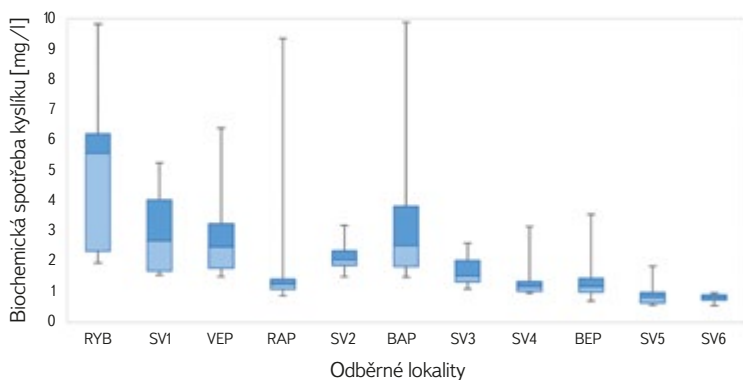
Pro některé významné ukazatele byly údaje z monitoringu zpracovány podrobněji. Na obr. 4–9 jsou uvedeny výsledky základní statistické analýzy vybraných parametrů povrchové vody na jednotlivých odběrných lokalitách, přičemž tenké linie zobrazují rozptyl hodnot (MIN a MAX), spodní hranice boxu hodnotu 1. kvartilu, horní hranice boxu hodnotu 3. kvartilu a rozhraní mezi světlým a tmavě modrým boxem hodnotu mediánu. Všechny odběry byly provedeny v době průměrných nebo spíše nižších průtoků, nebyla zachycena situace po přívalové srážce nebo v delším období zvýšených stavů. Níže popsaná variabilita koncentrací znečišťujících látek je tak způsobena nejspíše sezonností zemědělských prací, případně kolísáním účinnosti čistících procesů na ČOV.

Na obr. 4 je statistické vyhodnocení zjištěných hodnot elektrické konduktivity. První lokalita RYB představuje přirozené pozadí v povodí nad městem Svitavy, neovlivněné bodovým znečištěním. Tato lokalita má také nejnížší výkyvy koncentrací. Podobný charakter má i konduktivita Radiměřského potoka, který představuje také samostatné malé povodí, nezátěžované vnějšími vlivy. Odběrné místo SV1 naopak vykazuje nejvyšší hodnotu MAX a zároveň největší odklon této hodnoty od mediánu. Jedná se o lokalitu pod městem Svitavy, kde mohl být uskutečněn nejmenší počet odběrů vzorků z důvodů nedostatečnosti průtoku. Naměřené hodnoty dokumentují spíše nárazové průtok odpadní vody nebo posun kontaminovaných sedimentů.



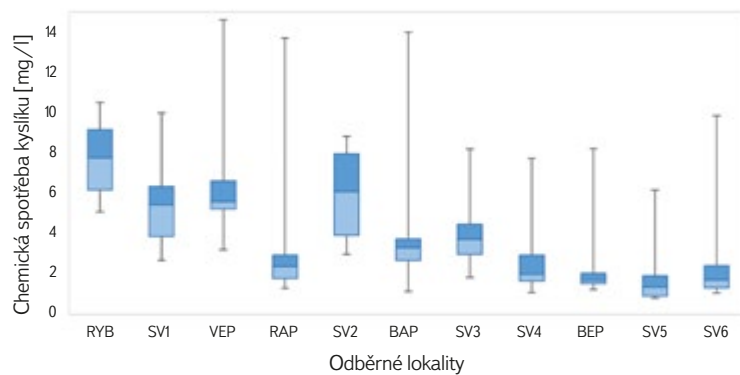
Obr. 4. Rozptyl hodnot elektrické konduktivity [mS/m] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 4. Variance of values of electric conductivity [mS/m], June 2023 to March 2024



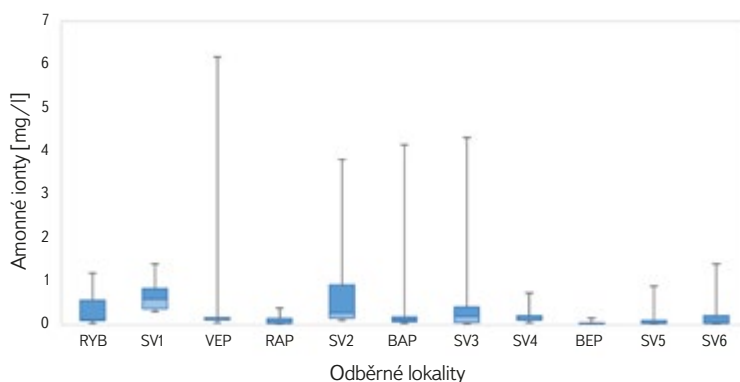
Obr. 5. Rozptyl hodnot koncentrace biochemické spotřeby kyslíku [mg/l] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 5. Variance of concentration values of biochemical oxygen demand [mg/l], June 2023 to March 2024



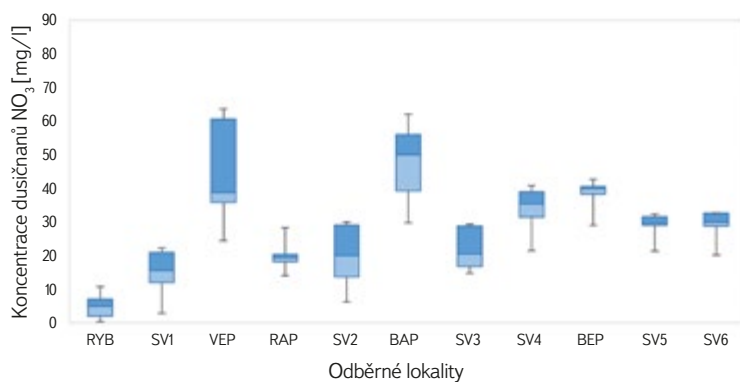
Obr. 6. Rozptyl hodnot koncentrace chemické spotřeby kyslíku [mg/l] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 6. Variance of concentration values of chemical oxygen demand [mg/l], June 2023 to March 2024



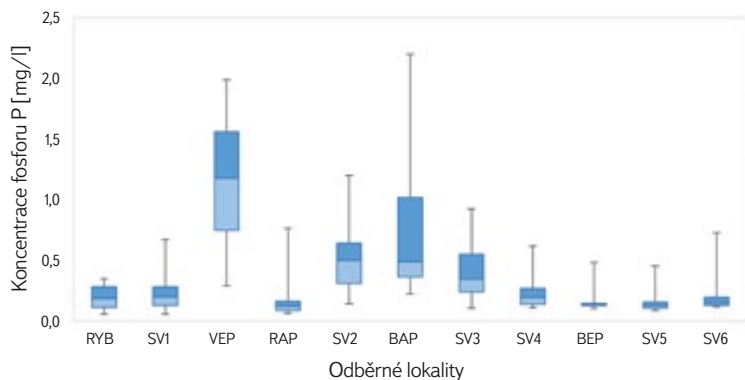
Obr. 7. Rozptyl hodnot koncentrace amonických iontů [mg/l] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 7. Variance of concentration values of ammonium ions [mg/l], June 2023 to March 2024



Obr. 8. Rozptyl hodnot koncentrace dusičnanů (NO_3) [mg/l] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 8. Variance of concentration values of nitrates (NO_3) [mg/l], June 2023 to March 2024



Obr. 9. Rozptyl hodnot koncentrace fosforu (P) [mg/l] za období červen 2023 až březen 2024

Fig. 9. Variance of concentration values of phosphorus (P) [mg/l], June 2023 to March 2024

Rozptyl hodnot koncentrací fosforu v monitorovaných tocích jednoznačně ukazuje vliv komunálního znečištění, když odpadní vody projdou čistírnou (viz obr. 9, lokalita VEP a BAP). Takto zatížené potoční vody pak ovlivňují vlastní tok Svitavy, kdy se koncentrace fosforu po proudu postupně snižuje (lokalita SV2, SV3, SV4 a SV5). Snižování je způsobeno jednak postupným naředěním nezatíženou vodou, jednak přechodem fosforu do říčních sedimentů. Samotný fosfor není bezprostředním nebezpečím pro vodní tok, ukazuje však opět největší výkyvy a nárazově nejvyšší maximální hodnoty v tocích v místech pod ČOV. To může indikovat výpadky v účinnosti čištění na těchto zařízeních a může se týkat i dalších závažnějších jakostních ukazatelů.

ZÁVĚR

Podzemní voda ve svitavské části Ústecké synklinály představuje jednu z největších zásobáren využitelné vody v ČR. Porovnání historických a současných údajů o průtocích v řece Svitavě ukazuje jednoznačnou souvislost stavu ve vodním toku s množstvím odebírané podzemní vody. Pokud se bude zvyšovat tlak na odebírané množství těchto vod pro pitné účely, je třeba do budoucna počítat se stanovením přísnějších limitů pro udržitelnost tohoto zdroje.

Kvalita podzemních vod přímo souvisí s činnostmi na povrchu a s kvalitou povrchových vod. To je třeba mít na zřeteli i při navrhování revitalizací a dalších opatření pro zadržování vody v krajině. I když dochází k určitému časovému zpoždění v projevu vlivu na podzemní vodu, je třeba věnovat setrvalou pozornost kvalitě povrchových a drenážních vod. Dosud je k dispozici relativně málo údajů o jakosti povrchových vod ve výzkumném území, především v případě extrémních povětrnostních podmínek. V budoucnu by bylo vhodné provést časově detailnější monitoring k zachycení takovýchto událostí.

Plošný monitoring jakosti povrchové vody ukázal značnou sezonní variabilitu. Přestože naměřené hodnoty nejsou známkou havarijních stavů, je doporučeno v obdobném monitoringu pokračovat, a to i na dalších místech a s rozšířením na drenážní vody meliorovaných ploch zemědělské půdy. Ačkoli výsledky provedeného monitoringu povrchových vod ukazují výrazné zlepšení kvality oproti stavu v době budování druhého březovského vodovodu, je zcela žádoucí ponechat a opravit nepropustnou úpravu dna koryta Svratky a Banínského potoka v přímé návaznosti na březovské prameniště. Jedná se nejen o ochranu před výrazným havarijním znečištěním z průmyslu či dopravy. Ukazuje se, že i drobné výpadky v účinnosti některé z ČOV se významně projeví v kvalitě vody ve Svitavě na dlouhém úseku.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci výzkumného projektu SS06010044 „Definování a hodnocení ploch rozhodných pro dotaci strategických zdrojů podzemních vod s ohledem na jejich ochranu a stabilizaci“ (Prostředí pro život VI, Technologická agentura ČR).

Literatura

- [1] KOPECKÝ, D., KAZDA, P. Zasakování vody pomůže s vedrem, suchem i povodněmi. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2024, 66(2), s. 40–41.
- [2] MŽP. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Praha: MŽP, 2015. 130 s.
- [3] EK. *Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu*. Brusel: Evropská komise, 2013. 11 s.
- [4] VÚV TGM. *Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., MŽP, 2018. 110 s.
- [5] ÚKZÚZ. *Kontrola a monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích*. Brno: ÚKZÚZ, 2023. 105 s.
- [6] VÚMOP. *Webový portál Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v. v. i. – Informační systém melioračních staveb*, 2016. [on-line] [vid. 6. květen 2024]. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=account>
- [7] ČHMÚ. *Webový portál Českého meteorologického ústavu – Pozorovací síť kvantity povrchových vod ČHMÚ*. [on-line] [vid. 6. květen 2024]. Dostupné z: <https://chmi.maps.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=a071a5961a674f7d8fc78bc4fb086797>
- [8] ČGS. *Webový portál České geologické služby – Rebilance zásob podzemních vod*, 2022. [on-line] [vid. 20. červenec 2023]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/rebilance>
- [9] HERČÍK, F., HERMANN, Z., VALEČKA, J. *Hydrogeologie české křídové pánve*. Praha: ČGS, 1999. 115 s.
- [10] VIŠČOR, P. 100 let I. březovského vodovodu. *SOVAK*. 2013, 5, s. 129–132.
- [11] JURÁŇ, S. *Komunální bodové zdroje znečištění. DÚ 01. Projekt Morava III. Závěrečná syntetická zpráva*. Brno: VÚV TGM, 2003.
- [12] KODEŠ, V., KOZÁK, J., KODEŠOVÁ, R., KOČÁREK, M. a kol. *Výskyt a pohyb pesticidů v hydrosféře a nové metody optimalizace monitoringu pesticidů v hydrosféře ČR. (Závěrečná zpráva projektu MŠMT č. 2806095)*. Praha: ČHMÚ, 2011. 82 s.
- [13] ELBL, J., KINTL, A., ZÁHORA, J. Vyplavování minerálního dusíku z orné půdy v závislosti na kvantitě a kvalitě předchozích dávek živin. In: *Sborník konference MendelNet 2012*. Brno: MENDEL, 2012, s. 392–400.
- [14] KODEŠ, V., SVÁTKOVÁ, M. Výsledky monitoringu pesticidů v podzemních vodách. In: *Sborník příspěvků ze XIV. hydrogeologického kongresu a II. inženýrskogeologického kongresu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014.
- [15] MOULISOVÁ, A., BENDAKOVSKÁ, L., KOŽÍŠEK, F., VAVROUŠ, A., JELIGOVÁ, H., KOTAL, F. Pesticidy a jejich metabolity v pitné vodě: jaký je současný stav v České republice? *Vodní hospodářství*. 2018, 68(7), s. 4–10.
- [16] HONEK, D., FOREJTNIKOVÁ, M., ROZKOŠNÝ, M., VYSKOČIL, A. Historical Water Supply System of the City of Brno – Social-Environmental Consequences. *Water*. 2021, 13, s. 1–22.
- [17] HONEK, D., FOREJTNIKOVÁ, M., SEDLÁČEK, Z., NOVOTNÁ, J. Vývoj využití území a vliv na vodní zdroje hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023, 65(6), s. 22–27.
- [18] MŽP. *Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení minimální hladiny podzemních vod*. Praha: MŽP, 2001. 5 s.
- [19] ROZKOŠNÝ, M. Stokování a čistírenství, kapitola in: *Metodika klasifikace a hodnocení průmyslového dědictví z pohledu památkové péče – vodní hospodářství, 2022*. Identifikační kód projektu: DG18P02OVV019.
- [20] MŽP. *Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. Praha: MŽP, 2001. 116 s.
- [21] PMO. *Webový portál Povodí Moravy, s.p. – Banínský potok získá nové koryto s meandry a tůňmi (Tiskové zprávy)*. [on-line] [vid. 30. duben 2024]. Dostupné z: <https://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/baninsky-potok-ziska-nove-koryto-s-meandry-a-tunemi/>
- [22] *Vyhláška č. 252/2004 Sb., ve znění ze 4. ledna 2024, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*.

Autoři

Mgr. David Honek, Ph.D.¹

✉ david.honek@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-6957-051X

Ing. Milena Forejtníková¹

✉ milena.forejtnikova@vuv.cz

Mgr. Zdeněk Sedláček¹

✉ zdenek.sedlacek@vuv.cz

RNDr. Jitka Novotná²

✉ jitka.novotna@geology.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Brno

²Česká geologická služba

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.05.004

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

DEVELOPMENT IN AND STATUS OF SURFACE WATERS IN AN IMPORTANT DRINKING WATER SOURCE AREA

HONEK, D.¹; FOREJTNÍKOVÁ, M.¹; SEDLÁČEK, Z.¹; NOVOTNÁ, J.²

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Brno

²Czech Geological Survey

Keywords: surface water — contaminant — the Svitava river — the Ústecká syncline

The paper discusses the development of the basic parameters of surface water within the important drinking water source area of hydrogeological unit 4232 Ústecká syncline in the Svitava river basin. Emphasis is placed on the development of the amount of water in the Svitava river and the development of the basic physical and chemical parameters of these waters. The possible effect on the local groundwater, which is intensively used for drinking purposes, is discussed. The contribution compares historical data sets with the results of current monitoring within the project SS06010044 (PPŽ VI, TA CR).

A comparison of historical and current data on flows in the Svitava river shows a clear connection between the state of the flow and the amount of groundwater withdrawn. If the pressure on the amount of water taken for drinking purposes increases, stricter limits for the sustainability of this resource must be set in the future.

The current qualitative state of surface water points to caution in promoting direct infiltration into groundwater due to the risk of contamination. Groundwater quality is directly related to surface activities and surface water quality. This must also be taken into account when designing revitalizations and other measures to retain water in the landscape. Although the measured values are not a sign of emergency conditions, it is recommended to continue similar monitoring in other places and with the extension to drainage waters of meliorated areas of agricultural land. So far, relatively little data is available on the quality of surface water in the research area, especially in the case of extreme weather conditions.

Even though the results of the surface water monitoring show a significant improvement in quality compared to the state at the time of the construction of the second Březovský water supply system, it is highly desirable to leave and repair the impervious treatment of the bed of the Svratka river and the Banín stream in direct connection to the Březová source area. This is not only protection against significant accidental pollution from industry or transport. It turns out that even minor shortfalls in the efficiency of some treatment plants will have a significant impact on the quality of water in Svitava river over a long period of time.

Interpolace vybraných průtoků v nepozorovaných povodích IV. řádu v povodí Otavy

LUDEK BUREŠ, MAGDALENA SAMCOVÁ, RADEK ROUB, LUCIE POLÁKOVÁ, TOMÁŠ HEJDUK, MARTIN ŠTICH

Klíčová slova: průtok — povodí IV. řádu — interpolace — Top-Kriging

ABSTRAKT

Znalost odtokových poměrů z povodí je klíčová pro širokou škálu inženýrských i vědeckých aplikací. Přímá měření v rozsahu všech povodí na území České republiky (dále ČR) nejsou reálná. Standardními metodami odhadu těchto parametrů jsou lokální regresní modely, srážkoodtokové modely, případně jiné interpolační techniky. Regresní modely poskytují spolehlivé výsledky, avšak odvození lokálních regresních rovnic je náročné na množství vstupních a referenčních dat. Srážkoodtokové modely mají své uplatnění při návrhových činnostech lokálního rozsahu. Jejich aplikace v rozsahu ČR není triviální a předpokládá znalost rozložení srážek. Interpolační techniky poskytují rychlý, často však méně spolehlivý přístup. Většina těchto interpolací není primárně určena pro hydrologické aplikace. Výjimkou je metoda Top-Kriging. Vychází z krigovacích metod používaných v geostatistice, jež rozšiřuje v mnoha směrech za účelem postihnouti hydrologických zákonitostí, zejména koncentrace odtoku v říční síti. S úspěchem byla tato metoda použita v Rakousku a Francii při odhadu průtoků v nepozorovaných větvích říční sítě. Je však tato metoda vhodná i pro použití v rámci ČR? Výsledky ukazují, že heterogenita povodí zejména v horských a podhorských oblastech Šumavy výkon Top-Krigingu značně snižuje. Dodatečná transformace výsledků dokáže její výkon v případě některých průtoků zlepšit. V porovnání s přímým rozpočtem však Top-Kriging zaostává.

ÚVOD

Znalost hydrologických parametrů, jako jsou vodnatost povodí nebo průtoky v řekách, je klíčovým faktorem pro zvládání povodňového rizika, krajinné plánování a řadu vědeckých či inženýrských aplikací. Dostatek povrchové vody je aktuálně řešeným tématem v souvislosti s měnícím se klimatem a její dostupnost je nezbytná pro přizpůsobení se novým podmínkám prostředí.

Základní hydrologickou jednotkou, pro kterou bývají hydrologická data požadována, je povodí IV. řádu. Na území ČR se nachází přes 8 500 takovýchto povodí. Pro drtivou většinu z nich nejsou data o jejich vodnatosti dostupná. Nedostupnost těchto dat je do značné míry vázána na problematiku sběru dat, zejména na omezený počet limnigrafických stanic. Nejrozsáhlejší hydrologickou monitorovací sítí v ČR provozuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), jenž v současné době disponuje zhruba 550 stanicemi. Navýšení počtu stanic je limitováno především finanční náročností na jejich zřízení a provoz.

Další možností, jak požadovaná hydrologická data získat, jsou různé typy hydrologických odhadů, predikce nebo analogie. Odhad proměnných souvisejících s odtokem z povodí je obvykle založen na regresních metodách mezi proměnnou a vybranými charakteristikami povodí. Při odhadu v rámci velkých nebo značně heterogenních povodí dochází zpravidla k rozdělení do více oblastí. Regresní parametry jsou pak určeny pro jednotlivé oblasti separátně [1]. Jiným přístupem je odhad pomocí srážkoodtokových modelů, jež jsou zpravidla náročné na množství vstupních dat, čas sestavení a výpočetní čas. S úspěchem ale bývají využívány v lokálním měřítku a při návrhových činnostech [2]. Poslední možností je využití prostorových interpolací. Jde o rychlý a relativně jednoduchý přístup. Nevýhodou je však nižší kvalita odhadu, často vyplývající z nerespektování hydrologické topologie ve vztazích povodí – subpovodí. Interpolace je řízena primárně euklidovskou vzdáleností mezi interpolovaným místem a místem, kde je známa daná proměnná [3, 4]. Na mezinárodním poli se hydrologickou predikcí v nepozorovaných povodích zabývá např. iniciativa PUB (Prediction in Ungauged Basins). Cílem aktivit je vytvoření lepšího vědeckého základu v oblasti hydrologického modelování, zmenšení nejistot v predikci a hledání nových přístupů [5]. Nejvýznamnější institucí, která se v ČR hydrologickými predikcemi zabývá, je ČHMÚ. Obvykle pro své predikce rozložení vody v povodí používá metodu regionálních regresních modelů [6].

Metodou spadající na pomezí prostorových interpolací a koncepčního modelu je metoda Top-Kriging (TOP). TOP vychází z geostatistických metod původně vyvinutých pro potřeby těžebního průmyslu [7]. Jejich rozšířením a transformací pak vznikla geostatistická interpolační metoda, jež umožňuje odhad různých hydrologických parametrů v nepozorovaných povodích. TOP v sobě kombinuje dvě hlavní skupiny procesů: 1) tvorbu odtoku v rámci povodí a 2) agregaci a směřování odtoku v rámci říční sítě. Za tímto účelem je tvorba odtoku konceptualizována jako prostorově kontinuální proces, který existuje v jakémkoli bodě krajiny. Agregace odtoku je pak popisována jako kumulativně se zvětšující hodnota, jež roste spolu se vzdáleností od pramene. Základem metody je interpolační metoda kriging (známá také jako Best Linear Unbiased Estimator), která je upravena tak, aby respektovala hierarchii v rámci hydrologické sítě. Pro odhad hydrologických proměnných metoda využívá variogramu. Díky tomu je schopna zpracovávat i nestacionární proměnné. Metoda bere v úvahu místní nejistoty měření, které se mohou v různých lokalitách lišit, a tak využívat i krátké záznamy měření. Umožňuje také odhad nejistoty při určení sledované proměnné [8].

Předpokládá se, že výkon metody se zvyšuje s rostoucí hustotou říční sítě, rostoucí velikostí ploch povodí a závisí na množství pozorovaných povodí [9].

Oproti metodě Ordinary Kriging poskytuje lepší výsledky zejména při popisu vnořených povodí na sousedních říčních větvích [8]. Pro obě metody je ale typické, že nadhodnocují výsledky v nižších úsecích vodních toků (blíže k uzávěrovému profilu pozorovaných povodí) a zároveň podhodnocují výsledky v jejich vzdálenějších partiích [10, 11]. Metoda dosahuje dobrých výsledků v případě rozsáhlých homogenních povodí [12]. Otázkou ovšem zůstává, jak bude algoritmus schopen popsat variabilitu odtoků v rámci menších nehomogenních povodí.

TOP byl kromě odhadu velikostí odtoku uplatněn také např. pro výpočet odtokových křivek [13], odhad rychlosti proudění vody [14], stanovení časové řady odtoku z povodí [10], odhad výšky povodňových pravděpodobnostních kvantilů nebo vhodnosti vodního toku jako ekologického stanoviště [15, 16].

Cílem tohoto článku je zhodnotit použitelnost metody TOP pro odhad odtoku z povodí IV. řádu na území ČR.

toku. V tomto úseku protéká převážně zalesněnými údolími, od Sušice směrem k ústí pak především kulturní zemědělskou krajinou. Její charakter se mění na meandrující nížinný vodní tok s projevy sedimentace [17]. Horní části vodních toků v povodí Otavy vykazují nízký stupeň antropogenní transformace (např. v pramenné oblasti Vydry, Hamerského potoka, Otavy, Volyňky a Spůlky). Oproti tomu ve středních a dolních úsecích míra antropogenní transformace hydrografické sítě roste. Tento nárůst souvisí s navýšením socioekonomického využití údolních niv [18]. Dolní část toku je trvale zatopena. Délka zatopeného úseku je závislá na aktuální výšce hladiny vodního díla (VD) Orlík. Za obvyklých podmínek to je cca posledních 19 km (po jez Sulan, 18,6 ř. km). Nejvyšším bodem v povodí Otavy je vrchol Luzný (1 373 m n. m.), nejnižším zaústění řeky do VD Orlík. Nejvýznamnějšími přítoky jsou řeky Blanice, Volyňka, Lomnice, Ostružná, Křemelná a Vydra. Zobrazení polohy povodí Otavy v rámci ČR je znázorněno na obr. 1.

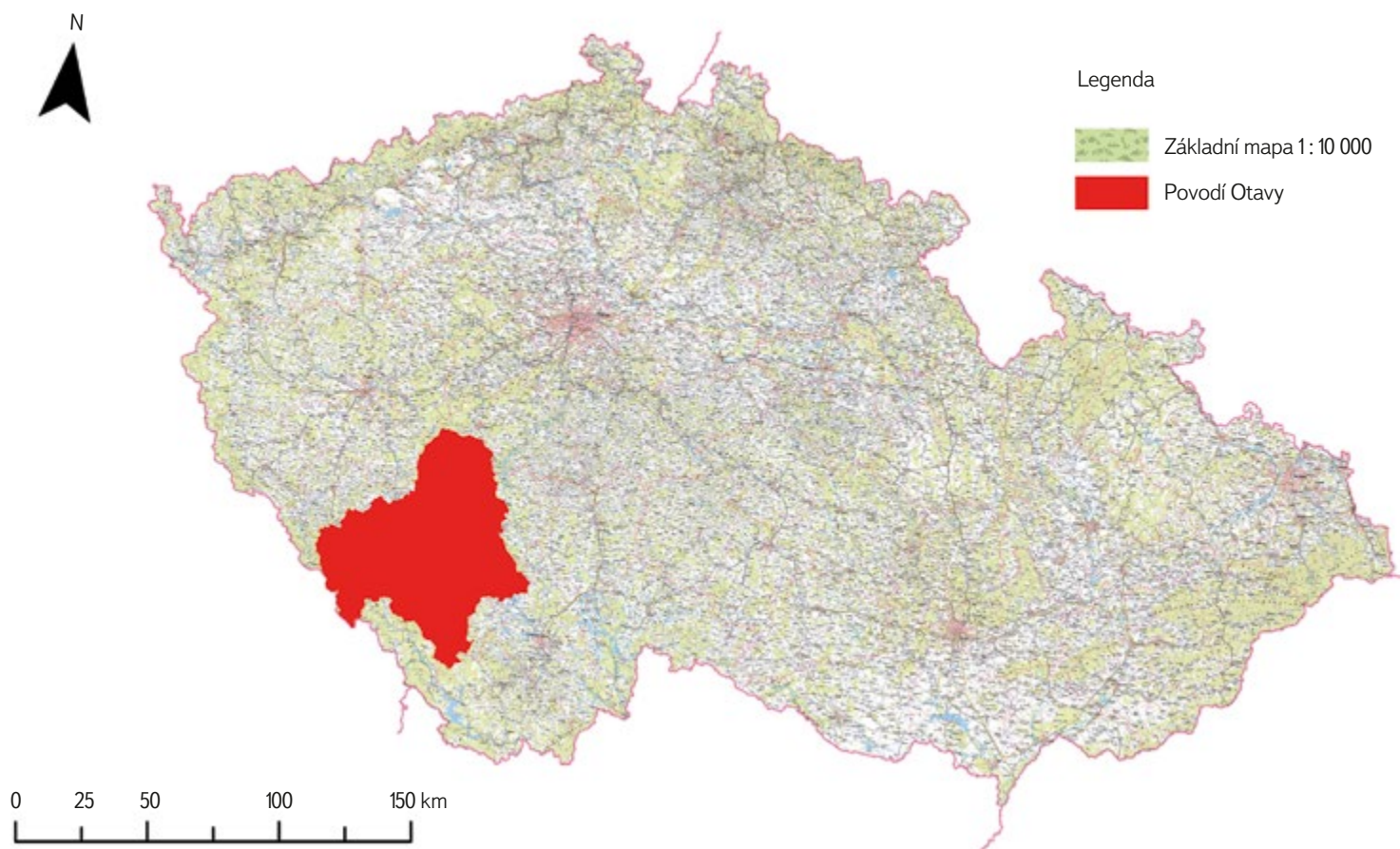
MATERIÁLY A METODY

Pilotní lokalita

Pilotní lokalitou je povodí řeky Otavy. Otava vzniká soutokem Vydry a Křemelné u Čeňkova Pily na Šumavě. Její povodí má rozlohu 3 788,0 km² a délka toku činí 113 km. V horní části toku (nad městem Sušice, 91,7 ř. km) je charakteristická vysokou sklonitostí dna a vodnatostí. To jí dává charakter podhorského vodního

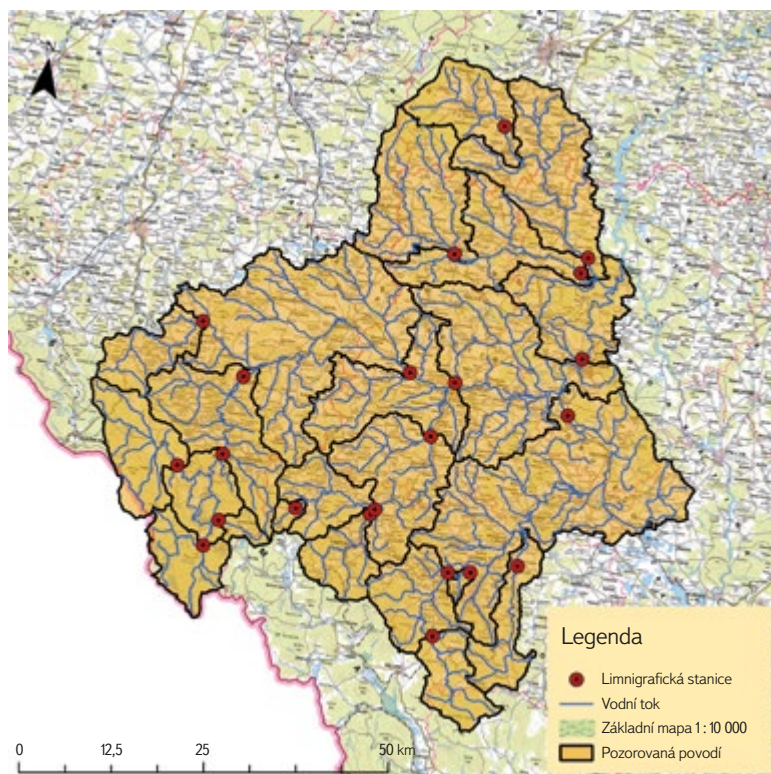
Top-Kriging

TOP na základě měřených dat (průtoky měřené v pozorovaných povodích v m³/s) vypočte bodový variogram. Ten využívá k popisu stupně prostorové závislosti na prostorové náhodné proměnné (specifický odtok) v rámci modelovaného územního celku. Tento bodový variogram však nelze použít přímo pro odhad odtoků pro jednotlivá povodí z důvodu rozdílných velikostí ploch subpovodí. Proto jsou v TOP testovány různé skupiny teoretických variogramů pro jednotlivé velikostní třídy subpovodí, pro které je pak automaticky



Obr. 1. Umístění povodí Otavy v rámci ČR

Fig. 1. Location of the Otava basin within the Czech Republic



Obr. 2. Rozmístění pozorovaných povodí na povodí Otavy
Fig. 2. Location of gauged catchments within the Otava basin

vybrán nejvhodnější model variogramu. Poté co jsou určeny variogramy pro jednotlivé třídy, dojde k samotné predikci specifického odtoku pro jednotlivá předpovědní povodí [8].

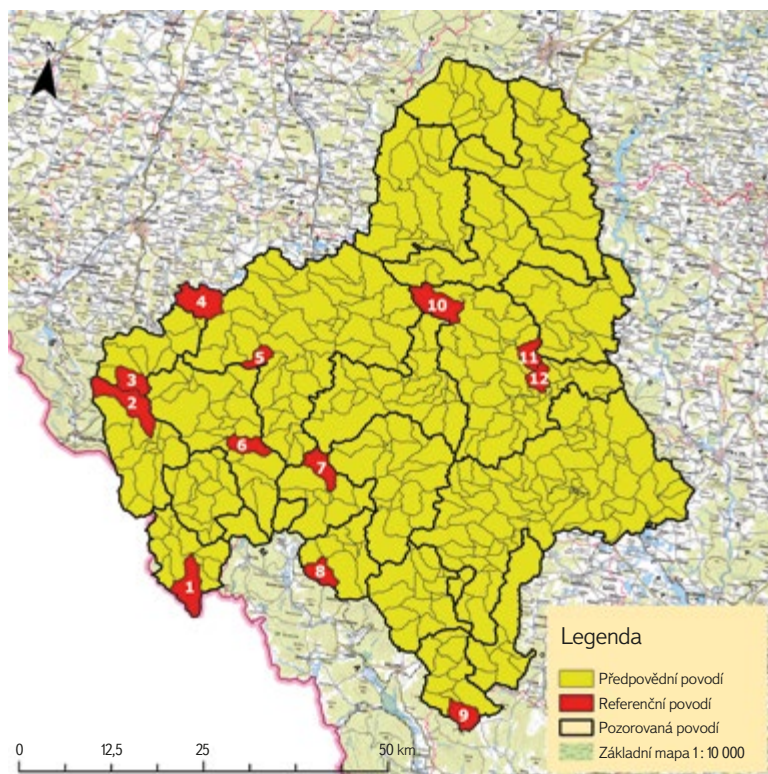
Vstupy pro TOP jsou osy vodních toků ve studované oblasti, vymezená pozorovaná povodí a vymezená předpovědní povodí. Pozorovaná povodí jsou větší územní celky (povodí) v rámci celkové popisované oblasti (povodí Otavy), k nimž jsou známy vybrané hydrologické charakteristiky. Velikost dané charakteristiky je metodou TOP interpolována do předpovědních povodí, jež spadají do pozorovaného povodí (jsou jejich subpovodími).

Osy vodních toků v povodí Otavy

Stávající osy vodních toků pro celé povodí Otavy byly převzaty ze systému DIBAVOD (DIgitální BÁze VOdohospodářských Dat) v digitálním vektorovém formátu ESRI (*.shp). Konkrétně šlo o vrstvu A03 – vodní tok (hrubé úseky) [19].

Předpovědní povodí

Jde o povodí, pro která má být metodou TOP provedena predikce vybraných hydrologických parametrů (odtoků). Pro potřeby této práce byla jako předpovědní povodí zvolena povodí IV. řádu, jež byla rovněž převzata ze systému DIBAVOD. V tomto případě se jednalo o vrstvu A08 – hydrologické členění – povodí IV. řádu [19].



Obr. 3. Rozmístění referenčních povodí v rámci povodí Otavy
Fig. 3. Location of reference catchments within the Otava basin

Pozorovaná povodí

Jako pozorovaná povodí pro potřeby TOP byla zvolena povodí k existujícím limnigrafickým stanicím na povodí Otavy. Tato povodí byla vytvořena seskupením povodí IV. řádu dle příslušnosti k dané limnigrafické stanici. Povodí IV. řádu, v němž se tato stanice nacházela, se stalo uzávěrovým povodím pro nově seskupené povodí. V případě, že se na jednom vodním toku nacházelo více limnigrafických stanic (např. Otava), byla k níže umístěným stanicím přiřazena pouze povodí nacházející se mezi jednotlivými limnigrafickými stanicemi. Důvodem pro stanovení pozorovaných povodí na základě rozmístění limnigrafických stanic byla právě dostupnost hydrologických údajů k těmto stanicím. Rozložení pozorovaných povodí v rámci povodí Otavy je znázorněno na obr. 2.

Hydrologické údaje pro pozorovaná povodí

Hydrologická data k limnigrafickým stanicím jsou volně dostupná díky Evidenčním listům hlásných profilů, které lze dohledat např. prostřednictvím Hlásné a předpovědní povodňové služby (HPPS). HPPS je provozována ČHMÚ [20]. V rámci této studie byla využita data z Evidenčních listů hlásných profilů Antýgl, Strakonice a Nový Dvůr. Celkově se jednalo o 22 limnigrafických stanic, z nichž byly převzaty průtoky Q_1 , Q_{10} a Q_{100} . Pro tytéž stanice pak byly doplněny průtoky Q_{355d} a Q_3 , které jsou dostupné prostřednictvím portálu ISVS – Evidence množství povrchových vod [21].

Mapa průměrných srážkových úhrnů

Jejím vydavatelem je ČHMÚ. Mapa patří do skupiny map popisujících charakteristiku klimatu na území ČR. Konkrétně zobrazuje průměrný roční úhrn srážek (mm) za období 1991–2020. Mapa je vydávána formou rastru [22].

Mapa dlouhodobého průměrného základního odtoku

Vydavatelem je Česká geologická služba. Mapa je dostupná prostřednictvím webových mapových služeb (WMS). Vyjadřuje střední hodnoty dlouhodobého průměrného základního odtoku (l/s/km²) za období 1991–2020 [23].

Tab. 1. Specifikace referenčních povodí IV. řádu
Tab. 1. Specification of reference fourth-order catchments

Označení	HLGP_ID	UTOKH_ID	Plocha povodí [km²]	Vodní tok	Q _{355d} [m³/s]	Q _a [m³/s]	Q ₁ [m³/s]	Q ₁₀ [m³/s]	Q ₁₀₀ [m³/s]
1	108010010	1196500	19,37	Vydra	0,251	0,861	13,00	30,00	53,70
2	108010190	1198300	23,78	Křemelná	0,098	0,521	8,80	24,00	48,40
3	108010650	1202900	11,82	Ostružná	0,040	0,204	2,90	10,00	22,80
4	108010740	1203800	21,71	Kalný potok	0,044	0,140	3,20	11,00	30,70
5	108010790	1204300	7,02	Ostružná	0,387	1,580	17,00	46,00	109,00
6	108010470	1201100	11,00	Opolenecký potok	0,022	0,106	4,40	15,00	32,60
7	108020170	1212200	12,98	Mladíkovský potok	0,006	0,117	2,90	9,70	23,20
8	108020010	1210600	10,42	Volyňka	0,044	0,146	3,00	11,00	24,80
9	108030010	1218900	11,53	Blanice	0,020	0,137	4,30	16,00	37,30
10	108020680	1217300	21,37	Rojický potok	0,019	0,107	2,00	8,00	19,30
11	108020790	1218400	9,29	Dobevský potok	0,001	0,028	1,40	5,70	14,00
12	108020800	1218500	8,23	Brložský potok	0,070	0,472	8,00	28,00	72,60

Všechna data použitá v této práci byla v souřadném systému S-JTSK / Krovak East North (EPSG 5514) a výškovém systému balt po vyrovnání (EPSG 5705).

METODIKA

Pro predikci odtoku bylo zvoleno několik metod. Základní metodou byla metoda Top-Kriging (TOP). Dalšími metodami byly transformace výsledků TOP na základě údajů o průměrném ročním srážkovém úhrnu (TOP_Hs) a dlouhodobých průměrných základních odtocích (TOP_ZO). Zbýlé dvě metody využívaly přímého rozpočtu odtoku, který byl založen na hodnotách průměrného ročního srážkového úhrnu (R_Hs) a dlouhodobého průměrného základního odtoku (R_ZO).

Referenční odtoková data

Referenční data pro potřeby této studie byla zakoupena od ČHMÚ ve formě základních hydrologických údajů (dle ČSN 75 1400) pro vybraná povodí IV. řádu. Dle zatřídění základních hydrologických údajů povrchových vod spadala všechna referenční data do III. třídy. *M*-denní průtoky byly odvozeny pro referenční období 1981–2010 a *N*-leté průtoky pro maximální dostupné období pozorování. Celkově byla zakoupena data pro 12 povodí IV. řádu. Bližší specifikace referenčních povodí je uvedena v *tab. 1* a jejich rozmístění v rámci povodí Otavy na *obr. 3*.

Predikce byla provedena pro řadu průtoků (Q_{355d} , Q_a , Q_1 , Q_{10} a Q_{100}). Všechny výpočty i následné hodnocení výsledků byly zpracovány v prostředí softwaru R [24].

Top-Kriging

Pro všechna povodí IV. řádu v povodí Otavy byla provedena predikce specifických odtoků (l/s/km²), které byly následně převedeny (skrze plochu daného povodí) na odtoky z povodí (m³/s). Pro stanovení predikce v prostředí R byla použita extenze rtop [25], prostřednictvím které je metoda TOP dostupná. Vyžadovanými vstupy byla pozorovaná povodí, osy vodních toků a povodí, pro která měla být predikce stanovena (v našem případě povodí IV. řádu).

Transformace výsledků Top-Kriging

Pro hodnoty TOP byla nadále provedena jejich transformace na základě hodnoty průměrného ročního srážkového úhrnu (Hs) a dlouhodobého průměrného základního odtoku v daném povodí (ZO). Smyslem transformace byla redistribuce originálních hodnot v rámci pozorovaného povodí na základě zvolených vah (Hs, ZO). Pro každé pozorované povodí a jeho předpovědní povodí (povodí IV. řádu, jež spolu tvoří dané pozorované povodí) byly určeny průměrné hodnoty Hs a ZO. Pokud byla hodnota Hs (ZO) předpovědního povodí vyšší než hodnota konkrétního předpovědního povodí, byla jeho hodnota TOP navýšena. V opačném případě byla ponížena. Míra navýšení (ponížení) hodnot v redistribuci byla řízena poměrem velikosti Hs (ZO) mezi pozorovaným a předpovědním povodím.

Přímý rozpočet odtoků

Realizován byl také přímý rozpočet průtoku v rámci pozorovaných povodí. Tento rozpočet byl založen na váženém průměru přes plochy předpovědních povodí, kdy jako váhy byly voleny hodnoty Hs (R_Hs) nebo ZO (R_ZO).

Hodnocení kvality predikce

Hodnocení shody bylo provedeno pro všechny sledované průtoky a všechna referenční povodí (12 povodí). Jako hodnotící metriky byly použity Mean Absolute Error (MAE) a Root Mean Square Error (RMSE).

MAE = 1/N * sum_{i=1}^N |Q_PRED - Q_Ref| 1)

RMSE = sqrt(1/N * sum_{i=1}^N (Q_PRED - Q_Ref)^2) 2)

kde: Q_PRED je hodnota průtoku pro povodí IV. řádu (odpovídající danému referenčnímu povodí) určená výpočetními metodami (TOP, TOP_Hs, TOP_ZO, R_Hs, R_ZO) Q_Ref referenční hodnota průtoku pro dané povodí N počet referenčních povodí

VÝSLEDKY

Z výsledků vyplývá, že nejmenších průměrných chyb (MAE) bylo dosaženo metodou R_ZO, a to u všech hodnocených průtoků. Nejnižší chyba byla u průtoku Q_355d (0,063 m³/s), nejvyšší chyba pak u průtoku Q_100 (17,778 m³/s). Druhých nejlepších výsledků dosahovala metoda R_Hs. Metody TOP, TOP_Hs a TOP_ZO produkovaly vzájemně srovnatelné, oproti metodám R_ZO a R_Hs však horší výsledky. To platilo zejména pro výsledky u nízkých průtoků (Q_355d a Q_a), kde dosahovaly násobně vyšších hodnot chyb. Při průtoku Q_100 se hodnota jejich chyb pohybovala okolo 25,5 m³/s. Nejméně výrazný rozdíl byl u průtoku Q_10. Celkový přehled stanovených hodnot MAE je uveden v tab. 2.

Tab. 2. Přehled dosažených hodnot MAE (m³/s) Tab. 2. Summary of achieved MAE values (m³/s)

	TOP	TOP_Hs	TOP_ZO	R_Hs	R_ZO
Q_355d	0,128	0,130	0,134	0,072	0,063
Q_a	0,492	0,493	0,500	0,197	0,155
Q_1	3,804	3,828	3,794	2,850	2,649
Q_10	10,600	10,578	9,904	8,495	8,303
Q_100	25,717	25,799	25,169	18,061	17,778

Nejlepších výsledků RMSE dosáhla opět metoda R_ZO při průtoku Q_355d (0,123 m³/s). Metody TOP, TOP_Hs TOP_ZO produkují při všech průtocích nejvyšší hodnoty RMSE, přičemž mezi sebou se liší jen minimálně. Jejich hodnoty jsou ve většině případů téměř dvojnásobné oproti R_ZO. Jednotlivé hodnoty kopírují trendy rozložení chyb v závislosti na predikovaném odtoku podobně, jako tomu bylo u hodnot MAE. Hodnoty RMSE pro průtoky Q_355d a Q_a jsou oproti odpovídajícím hodnotám MAE téměř dvojnásobné, což poukazuje na výskyt výrazných chybových hodnot u některých povodí v rámci datových souborů všech metod. Oproti tomu metody R_ZO a R_Hs vykazují u průtoku Q_100 jen malé rozdíly mezi RMSE a MAE. To naopak naznačuje, že velikosti chyb u jednotlivých povodí v rámci datového souboru nedosahovaly výraznějších hodnot. Celkový přehled stanovených hodnot RMSE je uveden v tab. 3.

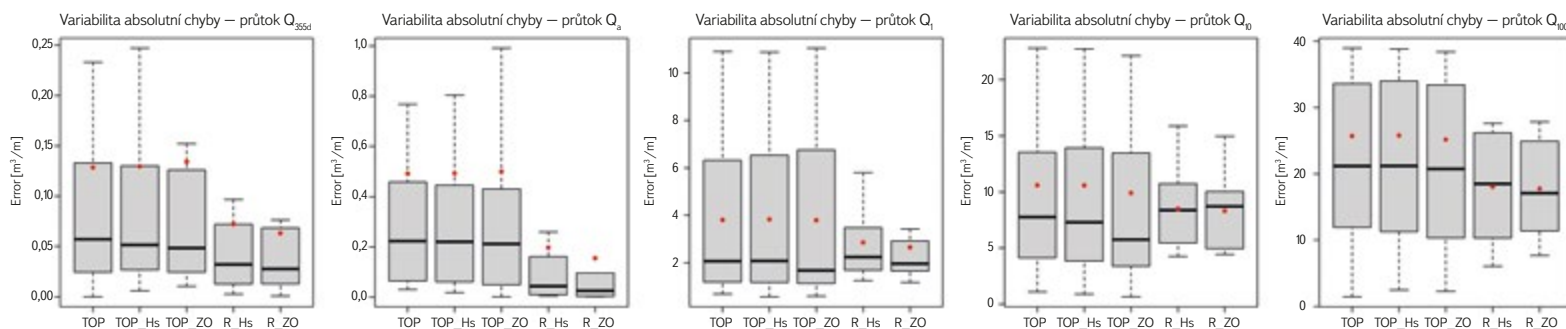
Tab. 3. Přehled dosažených hodnot RMSE (m³/s) Tab. 3. Summary of achieved RMSE values (m³/s)

	TOP	TOP_Hs	TOP_ZO	R_Hs	R_ZO
Q_355d	0,238	0,238	0,242	0,140	0,123
Q_a	0,957	0,959	0,963	0,449	0,384
Q_1	5,197	5,230	5,254	3,307	3,132
Q_10	14,200	14,215	13,437	9,151	8,913
Q_100	33,857	33,969	33,109	19,746	19,060

Obr. 4 ukazuje variabilitu chyb pro jednotlivé metody predikce a studované průtoky. Je zřetelné, že rozptyl absolutní chyby při průtoku Q_355d je u metod R_ZO a R_Hs výrazně nižší než u TOP, TOP_Hs a TOP_ZO. Tento trend lze pozorovat u všech predikovaných průtoků. Vzdálenost polohy mediánů od průměrů (zejména u průtoků Q_355d a Q_a) poukazuje opět na přítomnost výrazných hodnot v chybových souborech metod TOP, TOP_Hs a TOP_ZO. V případě průtoků Q_10 a Q_100 byly tyto výrazné chyby spojeny s kvalitou predikce na povodích č. 7, 11 a 12.

DISKUZE

TOP bývá také často porovnáván s regionálními regresními modely. Ukazuje se, že při modelování nízkých průtoků, které jsou primárně řízeny podpovrchovými procesy, jsou jeho výsledky s regresními modely srovnatelné – přičemž oproti regresním modelům vyžaduje minimální množství vstupních dat [3]. Cílem transformace originálních výsledků TOP pomocí Hs a ZO byla snaha o zlepšení výkonu metody TOP. Samotná metoda s dodatečnými vstupy nepracuje. Využívá pouze prostorové závislosti dané proměnné definované variogramem. Nejvhodnějším přístupem by byla přímá implementace Hs nebo ZO do algoritmu TOP. To však převyšuje cíle této práce.



Obr. 4. Grafické znázornění variability chyb dosažených porovnávanými metodami pro jednotlivé hodnocené průtoky

Fig. 4. Graphic representation of the variability of the errors achieved by the compared methods for individual evaluated discharge rates

Transformace originálních hodnot TOP probíhala vždy v rámci pozorovaných povodí. Tento krok zaručoval, aby výsledná hodnota průtoku po redistribuci nebyla změněna. Zkoumána byla i možnost redistribuce v rámci celého povodí Otavy. Tato varianta vedla k nedodržení průtoků u jednotlivých pozorovaných povodí. Důvodem pro separátní provedení redistribuce byla snaha o zjištění, která z proměnných (Hs, ZO) bude mít větší vliv na výsledky. Otázkou zůstává, zda by volba vhodnějšího transformačního mechanismu nepřinesla výraznější zvýšení výkonu, než jaké je popsáno v tomto článku.

Přímý rozpočet průtoků na základě Hs nebo ZO sloužil k porovnání (jako základní metoda) k metodě TOP a jejím derivátům. Ukázalo se ale, že poskytuje lepší výkon než TOP a jeho deriváty. Nízký výkon TOP může souviset s vysokou heterogenitou a malou velikostí předpovědních povodí, kterou TOP není schopen zachytit a popsat [12].

Pozorovaná povodí byla vykreslena na základě seskupení povodí IV. řádu. Faktem je, že některé limnigrafické stanice nejsou v rámci povodí IV. řádu umístěny přímo do jejich uzávěrových profilů. Mají tudíž mírně větší plochu, než přísluší dané limnigrafické stanici (nebo ploše mezipovodí mezi dvěma limnigrafickými stanicemi na stejném vodním toku). Předpokládáme, že tento aspekt má vliv pouze na přesnou hodnotu daného průtoku, který je rozpočítáván, nikoli však na metodický postup tohoto rozpočtu.

Referenční data v této práci byla dostupná pouze pro malou část povodí IV. řádu. Důvodem je pořizovací cena těchto dat. Autoři si uvědomují, že takto malý referenční soubor může mít vliv na nejistotu výsledků této práce. Dalším zdrojem nejistoty mohou být samotné hodnoty referenčních dat. Ty patří do III. třídy základních hydrologických údajů povrchových vod. Relativní hodnota střední kvadratické chyby pro data z této třídy může nabývat hodnot od 20 (Q_5) do 40 (Q_{100}) % [26].

Zvolená škála zkoumaných průtoků měla za cíl ukázat, jakých výsledků bude metoda TOP dosahovat v různých průtokových scénářích. Dle očekávání bylo větších absolutních chyb dosaženo u vysokých průtocích.

Tento příspěvek je součástí projektu TA ČR TK04030223 a jako takový sleduje jeho cíle. Jedním z nich je odhadnout odtok Q_5 z povodí IV. řádu pro území ČR. K tomuto účelu je nutné využít dostupné datové sady pokrývající území celé ČR, vhodně je zpracovat a vyhodnotit. Tuto práci lze tedy vnímat jako pilotní část celého projektu.

ZÁVĚR

V tomto článku bylo provedeno hodnocení výkonu metody Top-Kriging a jejích derivátů při stanovení odtoků z nepozorovaných povodí IV. řádu v povodí Otavy. Výsledky ukazují, že nejlepšího výkonu při stanovení odtoku z nepozorovaných povodí v rámci této práce dosáhla metoda R_ZO bez ohledu na velikost predikovaného průtoku. Následována byla metodou R_Hs. Metoda TOP vykazuje v některých případech produkci výrazných rozdílů mezi predikovanými a referenčními daty. Tyto rozdíly byly detekovány zejména u referenčních povodí č. 7, 11 a 12. Zůstává otázkou, čím jsou tato povodí výjimečná. Tento jev se objevuje bez ohledu na predikovanou

velikost odtoku a propisuje se dále do výkonu modelů TOP_Hs a TOP_ZO. Práce se pokusila také zlepšit výkon samotné metody Top-Kriging v rámci postprocessingu. Ukázalo se, že chování originálního algoritmu je silnější než dodatečná úprava výsledků, vyplývající ze zohlednění rozložení průměrného ročního srážkového úhrnu nebo dlouhodobého průměrného základního odtoku. To mělo za důsledek pouze mírné zlepšení výkonu u metod TOP_Hs a TOP_ZO.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury ČR v rámci projektu č. TK04030223 „Stanovení hydroenergetického potenciálu Pico-Hydropower v současných i predikovaných klimatických podmínkách ČR“.

Literatura

- [1] NATHAN, R. J., MCMAHON, T. A. Identification of Homogeneous Regions for the Purposes of Regionalisation. *Journal of Hydrology*. 1990, 121(1–4), s. 217–238.
- [2] BEVEN, K. J. *Rainfall-Runoff Modelling: The Primer*. B. m.: John Wiley & Sons, 2011.
- [3] LAAHA, G., SKØIEN, J. O., BLÖSCHL, G. Spatial Prediction on River Networks: Comparison of Top-Kriging with Regional Regression. *Hydrological Processes*. 2014, 28(2), s. 315–324.
- [4] ZHANG, Y. et al. Predicting Hydrological Signatures in Ungauged Catchments Using Spatial Interpolation, Index Model, and Rainfall-Runoff Modelling. *Journal of Hydrology*. 2014, 517, s. 936–948.
- [5] HRACHOWITZ, M. et al. A Decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB) – A Review. *Hydrological Sciences Journal*. 2013, 58(6), s. 1198–1255.
- [6] ČHMÚ. *Metodika odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích* [on-line]. [vid. 10. duben 2024]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/opv/Metodika_QN_CHMU.pdf
- [7] JOURNEL, A. G., HUIJBREGTS, C. J. *Mining Geostatistics*. London, UK: Academic Press, 1978.
- [8] SKØIEN, J. O., MERZ, R., BLÖSCHL, G. Top-Kriging-Geostatistics on Stream Networks. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2006, 10(2), s. 277–287.
- [9] PARAJKA, J., MERZ, R., SKØIEN, J. O., VIGLIONE, A. The Role of Station Density for Predicting Daily Runoff by Top-Kriging Interpolation in Austria. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2015, 63(3), s. 228–234.
- [10] SKØIEN, J. O., BLÖSCHL, G. Spatiotemporal Topological Kriging of Runoff Time Series. *Water Resources Research*. 2007, 43(9).
- [11] FARMER, W. H. Ordinary Kriging as a Tool to Estimate Historical Daily Streamflow Records. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2016, 20(7), s. 2721–2735.
- [12] CASTIGLIONI, S., CASTELLARIN, A., MONTANARI, A., SKØIEN, J. O., LAAHA, G., BLÖSCHL, G. Smooth Regional Estimation of Low-Flow Indices: Physiographical Space Based Interpolation and Top-Kriging. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2011, 15(3), s. 715–727.
- [13] PERSIANO, S., PUGLIESE, A., ALOE, A., SKØIEN, J. O., CASTELLARIN, A., PISTOCCHI, A. Streamflow Data Availability in Europe: A Detailed Dataset of Interpolated Flow-Duration Curves. *Earth System Science Data Discussions*. 2022, 14(9), s. 1–16.
- [14] DE LAVENNE, A., SKØIEN, J. O., CUDENNEC, C., CURIE, F., MOATAR, F. Transferring Measured Discharge Time Series: Large-Scale Comparison of Top-Kriging to Geomorphology-Based inverse modeling. *Water Resources Research*. 2016, 52(7), s. 5555–5576.
- [15] ARCHFIELD, S. A. et al. Topological and Canonical Kriging for Design Flood Prediction in Ungauged Catchments: An Improvement over a Traditional Regional Regression Approach? *Hydrology and Earth System Sciences*. 2013, 17(4), s. 1575–1588.

[16] CEOLA, S., PUGLIESE, A. Regional Prediction of Basin-Scale Brown Trout Habitat Suitability. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2014, 364, s. 26–31.

[17] VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA. *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy, 3. Hodnocení – Otava* [on-line]. [vid. 20. duben 2024]. Dostupné z: https://www.pvl.cz/migrace-vltava/projekt/3_TEXTOVA_CAST/3_textova_cast_Otava.pdf

[18] MATOUŠKOVÁ, M., ŠOBR, M. Upravenost hydrografické sítě a protipovodňová opatření v povodí Otavy. In: LANGHAMMER, J., ENGEL, Z. *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní* (eds. Langhammer, J., Engel, Z.). 2004, s. 170–184.

[19] FOJTÍK, T., JAŠÍKOVÁ, L., KURFIŘTOVÁ, J., MAKOVCOVÁ, M., MAŘAŠOVSKÁ, V., MAYER, P., NOVÁKOVÁ, H., ZAVŘELOVÁ, J., ZBOŘIL, A. GIS a kartografie ve VÚV TGM. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(1), s. 47–52.

[20] ČHMÚ. *Hlásná a předpovědní povodňová služba* [on-line]. [vid. 20. duben 2024]. Dostupné z: <https://hydro.chmi.cz/hpps/>

[21] ČHMÚ. *ISVS – Evidence množství povrchových vod. Data ke stažení. Hydrologické údaje za období 1991–2020* [on-line]. [vid. 10. duben 2024]. Dostupné z: <https://isvs.chmi.cz/ords/f?p=11002:HOME:103039121436379>

[22] ČHMÚ. *Průměrný roční úhrn srážek za období 1991–2020* [on-line]. [vid. 20. duben 2024]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA_normal9120.gif [citováno 2024-04-10].

[23] ČGS. *Dlouhodobý průměrný základní odtok za období 1991–2020* [on-line]. [vid. 10. duben 2024]. Dostupné z: <https://micka.geology.cz/record/basic/65001376-1148-4457-93b5-3d4d0a010852#>

[24] R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2013. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>

[25] SKØJEN, J. O., BÖLSCHL, G., LAAHA, G., PEBESMA, E., PARAJKA, J., VIGLIONE, A. Rtop: An R Package for Interpolation of Data with a Variable Spatial Support, with an Example from River Networks. *Computers & Geosciences*. 2014, 67, s. 180–190.

[26] ČSN 75 1400. *Hydrologické údaje povrchových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

Autoři

Ing. Luděk Bureš, Ph.D.¹
✉ buresl@fzp.czu.cz
ORCID: 0000-0002-8358-8932

Ing. Magdalena Samcová¹
✉ samcovam@fzp.czu.cz
ORCID: 0009-0007-1967-029X

Ing. Radek Roub, Ph.D.¹
✉ roub@fzp.czu.cz
ORCID: 0000-0002-6838-2047

Ing. Lucie Poláková^{1,2}
✉ polakoval@fzp.czu.cz

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.²
✉ hejduk.tomas@vumop.cz
ORCID: 0009-0007-8702-5911

Ing. Martin Štich³
✉ stich@vrv.cz

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí
²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha
³Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Praha

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.05.002

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

INTERPOLATION OF SELECTED DISCHARGE RATES IN UNGAUGED FOURTH-ORDER CATCHMENTS IN THE OTAVA BASIN

BUREŠ, L.¹; SAMCOVÁ, M.¹; ROUB, R.¹; POLÁKOVÁ, L.^{1,2}; HEJDUK, T.²; ŠTICH, M.³

¹Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences
²Research Institute for Soil and Water Conservation, Prague
³Water Management Development and Construction joint stock Company, Prague

Keywords: discharge — fourth-order catchments — interpolation — Top-Kriging

Knowledge of catchment runoff values is the key to a wide range of engineering and scientific applications. However, direct measurements in the scope of all catchments of the IV. order on the territory of the Czech Republic are not realistic. Standard methods for estimating these parameters are local regression models, rainfall-runoff models, or other interpolation techniques. Regression models provide reliable results, but the derivation of local regression equations is demanding on the amount of input and reference data. Rainfall-runoff models have their application in design activities of a local scale. Their application in the scope of the Czech Republic is not trivial and requires knowledge of the distribution of precipitation. Interpolation techniques provide a fast but often less reliable approach. Most of these interpolations are not primarily intended for hydrological applications. The exception is the Top-Kriging method. It is based on kriging methods used in geostatistics, which it extends in many directions in order to affect hydrological regularities, especially the concentration of runoff in the river network. This method was successfully used in Austria or France to estimate flows in unobserved branches of the river network. However, is this method also suitable for use within the Czech Republic? The results show that the heterogeneity of the basins, especially in the mountainous and foothill areas of Šumava, significantly reduces the performance of Top-Kriging. Additional transformation of the results can improve its performance in the case of some flows. However, compared to direct calculations, Top-Kriging lags behind.



Srovnání šedé vodní stopy způsobené běžným znečištěním a mikropolutanty: případová studie ČOV Bandung v Indonésii

LIBOR ANSORGE, LADA STEJSKALOVÁ

Klíčová slova: šedá vodní stopa – čistírna odpadních vod – mikropolutanty – látky vzbuzující obavy – CECs

ABSTRAKT

Šedá vodní stopa představuje hypotetické množství vody potřebné k naředění znečištění ve vodním prostředí na přijatelnou mez „bez účinku“. V této studii se zkoumá šedá vodní stopa tzv. mikropolutantů (někdy označovaných jako látky vzbuzující obavy – Contaminants of Emerging Concern, CECs) v porovnání s běžně monitorovanými látkami, jako jsou živiny a organické znečištění, v odpadních vodách. Byly analyzovány 24hodinové vzorky odebrané z největší čistírny odpadních vod (ČOV) v Indonésii, která používá systém stabilizačních nádrží. Šedá vodní stopa byla vypočítána pro 12 mikropolutantů a šest látek běžně sledovaného znečištění. Nejvyšší hodnotu šedé vodní stopy na odtoku z ČOV měla BSK₅ (13,5 l/l). Nejvyšší hodnotu z mikropolutantů na odtoku z ČOV měl Fluoxetine (0,08 l/l). Při použití jiných publikovaných hodnot PNEC dosáhl Fluoxetine hodnot šedé vodní stopy vyšší než BSK₅. Nejvyšší hodnotu šedé vodní stopy na přítoku na ČOV měl Ibuprofen (210,4 l/l), ale tato látka byla v ČOV účinně odstraněna.

ÚVOD

Vodní stopa se od svého uvedení v roce 2002 [1] stala populárním nástrojem posuzování užívání vody lidskou společností. V obecné rovině představuje vodní stopa posuzovaného produktového systému přímou i nepřímou spotřebu vody pro produkci nějakého výrobku, služby nebo procesu, a to v celém jeho životním cyklu [2]. Vodní stopa se skládá ze tří složek označovaných „barvami“. Modrá vodní stopa představuje množství vody odebrané z vodních zdrojů a spotřebované během životního cyklu posuzovaného produktového systému. Zelená vodní stopa představuje množství dešťových srážek (např. ve formě půdní vody) spotřebovaných během životního cyklu posuzovaného produktového systému. Obvykle je významná v agrosystémech a u potravinářských produktů. A nakonec je šedá vodní stopa, která představuje množství vody potřebné k naředění vypouštěného znečištění během životního cyklu z posuzovaného produktového systému.

Produkce odpadních vod je neodmyslitelně spojena jak s lidskými sídly, tak s průmyslovou výrobou. Pro zajištění environmentálních standardů kvality vod přijímají jednotlivé státy legislativu, která reguluje vypouštění odpadních vod. Tato legislativa obvykle předepisuje takové limity, jež vyvolávají potřebu budování ČOV. Výpočet šedé vodní stopy odpadních vod byl v minulosti předmětem řady studií zaměřených např. na účinnost ČOV [3] či porovnání různých systémů ČOV [4]. Tyto studie se obvykle soustředí na posuzování „běžného“

znečištění vyjádřeného parametry biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅), chemické spotřeby kyslíku (CHSK), celkového fosforu (TP) a celkového dusíku (TN). Různé studie pak přidávají i další látky, jako např. dusičnanový dusík [5], celkový kyslík [6] apod.

V posledních letech se v odborné komunitě začala diskutovat otázka tzv. mikropolutantů, tj. látek obvykle antropogenního původu, které se vyskytují v životním prostředí ve velmi nízkých koncentracích a jež jsme schopni detekovat až s příchodem nových detekčních technik, jako je LC-MS/MS [7]. Jejich chování v životním prostředí však není dosud dostatečně prozkoumáno, a proto hrozí riziko nepříznivých účinků těchto látek na životní prostředí a ekosystémy i při velmi nízkých koncentracích. Tyto látky jsou někdy označovány jako emergentní – ve smyslu nové – polutanty či látky/kontaminanty/polutanty vzbuzující obavy (CECs). Typickými představiteli těchto látek jsou farmaka, průmyslové a zemědělské chemikálie, látky osobní péče apod. [8]. Mikropolutantům se věnovalo i několik studií šedé vodní stopy znečištění vypouštěného z ČOV. Těchto studií je zatím spočítatelně málo, jelikož vědci se dosud soustřeďovali zejména na popis výskytu a chování těchto znečišťujících látek v životním prostředí [9, 10].

Pravděpodobně první studií, která kvantifikovala šedou vodní stopu mikropolutantů, je španělská studie 12 ČOV [11]. Tato studie víceméně definovala postup, jak posuzovat mikropolutanty prostřednictvím šedé vodní stopy. Zároveň ovšem poukázala na možnost, že mikropolutanty mohou mít vyšší šedou vodní stopu než běžně sledované znečištění. Toto zjištění nebylo ještě žádnou další studií potvrzeno, ale ani žádná další studie neprokázala, že by zjištění bylo spíše výjimkou. Jedním z důvodů je právě skutečnost, že v odpadních vodách se obvykle nesledují zároveň běžné znečišťující látky i mikropolutanty. Pokud víme, jedinou další studií porovnávající šedou vodní stopu běžných znečišťujících látek a mikropolutantů je studie ČOV Dolní Kralovice v povodí VN Švihov [12], kde však šedá vodní stopa běžných znečišťujících látek výrazně převyšovala hodnoty šedé vodní stopy mikropolutantů. Cílem naší studie je rozšířit zatím velmi skrovnou literaturu zabývající se porovnáním šedé vodní stopy běžných znečišťujících látek a mikropolutantů.

DATA A METODY

Zájmová ČOV

Centrální ČOV Bandung se nachází v Bojongsoang (obr. 1) a má efektivní kapacitu 40 000 m³ za den [13]. Jde o největší ČOV v Indonésii. Odpadní vody jsou

vypouštěny do řeky Citarum, největší řeky v provincii Západní Jáva a zároveň jedné z nejznečištěnějších řek v jihovýchodní Asii [14]. Proces čištění na ČOV je dvoustupňový. První stupeň spočívá ve fyzikálních/mechanických procesech zahrnujících česle, síta a primární sedimentaci. Druhý stupeň využívá systém stabilizačních nádrží sestávající z anaerobních, oxidačních a dosazovacích nádrží, v nichž probíhají biologické procesy čištění odpadních vod. Anaerobní a oxidační nádrže jsou určeny ke snížení biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅), dosazovací nádrže slouží především pro terciární úpravu [15]. Schéma ČOV Bandung je uvedeno na obr. 2.

Pro tuto studii byla použita data publikovaná v článku o odběru a zpracování vzorků na ČOV Bandung [16]. 24hodinové slévané vzorky analyzované ve studii byly odebírány každou hodinu pomocí vertikálních vzorkovačů do Van Dornových lahví mezi 7:00 18. června 2019 a 6:00 19. června 2019. Pro studii šedé vodní stopy byly použity údaje o kvalitě vod na přítoku do ČOV a na odtoku z ČOV.

Výpočet šedé vodní stopy

Šedá vodní stopa jednotkového objemu odpadní vody se počítá pro každou znečišťující látku pomocí rovnice 1:

$$GWF_i = \frac{\frac{L_i}{c_{\max,i} - c_{\text{nat},i}}}{Q} = \frac{\frac{c_i \times Q}{c_{\max,i} - c_{\text{nat},i}}}{Q} = \frac{c_i}{c_{\max,i} - c_{\text{nat},i}} \quad [\text{I/I}] \quad (1)$$

Pro mikropolutanty dojde k úpravě rovnice v souladu s postupem popsaným Martínez-Alcalá [11]:

$$GWF_i = \frac{\frac{L_i}{c_{\max,i} - c_{\text{nat},i}}}{Q} = \frac{\frac{c_i \times Q}{PNEC_i - 0}}{Q} = \frac{c_i}{PNEC_i} \quad [\text{I/I}] \quad (2)$$

kde:

GWF_i	je	šedá vodní stopa látky i
L_i		množství vypouštěného znečištění i
$c_{\max,i}$		maximální povolená koncentrace látky i ve vodním prostředí (environmentální standard)
$c_{\text{nat},i}$		přirozená pozadová koncentrace látky i ve vodním prostředí; pro antropogenní látky = 0
c_i		koncentrace látky i v odpadních vodách
Q		průtok vypouštěné odpadní vody; s ohledem na cíle studie byla uvažována hodnota $Q = 1$
$PNEC_i$		koncentrace látky i , pod kterou není předpokládán žádný nepříznivý účinek expozice v ekosystému

Hodnoty předpokládané koncentrace bez účinku byly převzaty z databáze NORMAN [17]. Hodnoty pro $c_{\max}$ a c_{nat} použité pro výpočet dle rovnice 1 i hodnoty PNEC pro výpočet dle rovnice 2 uvádí tab. 1.

Tab. 1. Hodnoty $c_{\max}$, c_{nat} a PNEC použité pro analýzu
 Tab. 1. Values of $c_{\max}$, c_{nat} and PNEC used in analysis

ID	Parametr/Parameter	Jednotky/Units	PNEC
TMP	Trimethoprim	µg/l	120
SMZ	Sulfamethazine	µg/l	30
ACT	Acetaminophen	µg/l	46
IBU	Ibuprofen	µg/l	0,011
TCS	Triclosan	µg/l	0,11
CBZ	Carbamazepine	µg/l	2
FLX	Fluoxetine	µg/l	0,1
BTA	Benzotriazole	µg/l	19
BPA	Bisphenol A	µg/l	0,24
CAF	Caffeine	µg/l	1,2
DEET	N,N-diethyl-m-toluamide	µg/l	88
TCEP	Tris(2-chloroethyl) phosphate	µg/l	6
TSS	Total Suspended Solids	mg/l	10
BOD	Biochemical Oxygen Demand	mg/l	2
COD	Chemical Oxygen Demand	mg/l	10
TOC	Total Organic Carbon	mg/l	3
TN	Total Nitrogen	mg/l	3
TP	Total Phosporus	mg/l	0,1
N-NH ₃	Ammonia Nitrogen	mg/l	2,5

Šedá vodní stopa ČOV je určena látkou s nejvyšší hodnotou:

$$GWF = \max [GWF_1, GWF_2 \dots GWF_n] \quad [\text{I/I}] \quad (3)$$

kde:

GWF	je	šedá vodní stopa ČOV
GWF_i		šedá vodní stopa látky i na ČOV



Obr. 1. ČOV Bandung
Fig. 1. Bandung WWTP

VÝSLEDKY A DISKUZE

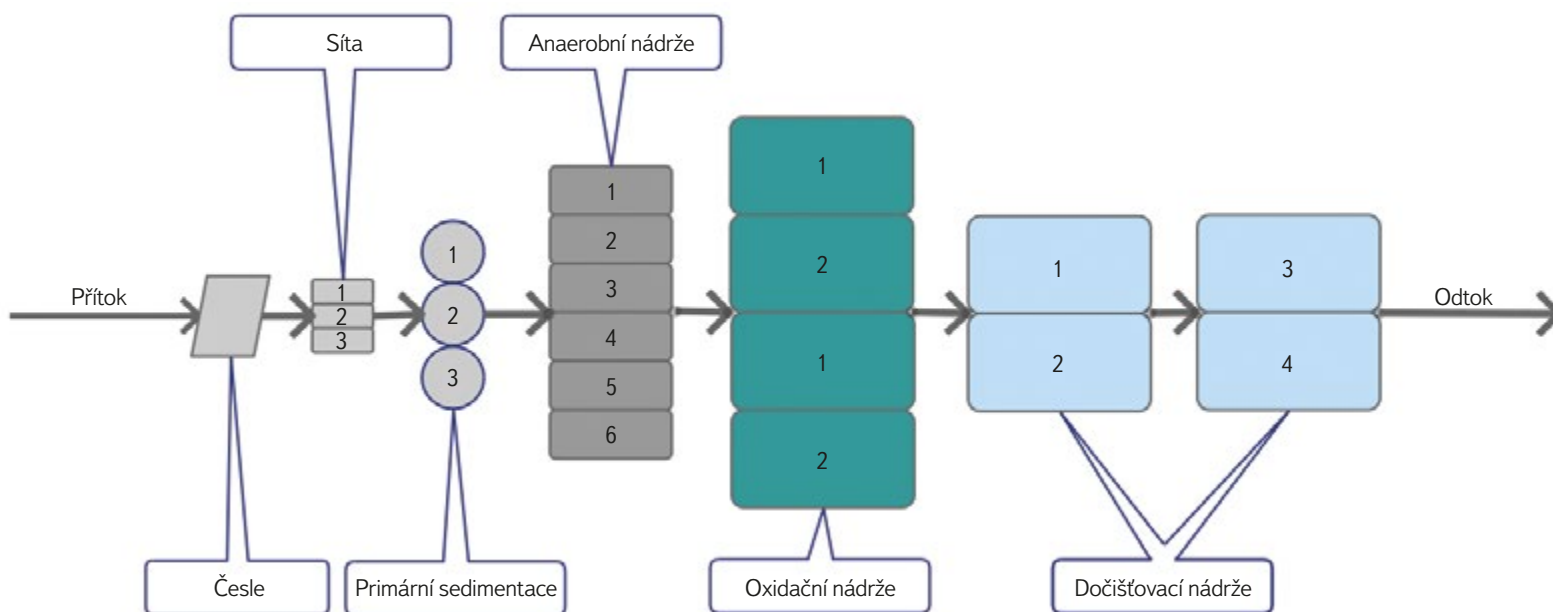
Souhrnné výsledky uvádí *tab. 2*. Nejvyšší hodnotu šedé vodní stopy běžných znečišťujících látek na přítoku do ČOV i odtoku z ČOV má ukazatel BSK_5 , u něhož klesla hodnota GWF z 45 l/l na 13,5 l/l (přítok → odtok). Nepotvrdila se tak zjištění předchozích studií [5, 11], že šedou vodní stopu na odtoku z ČOV obvykle určuje celkový fosfor. Je pravděpodobné, že tento jev je typický pro ČOV založené na systému stabilizačních nádrží, zatímco předchozí studie zkoumaly mechanicko-biologické ČOV. BSK_5 má celkově nejvyšší hodnotu šedé vodní stopy na odtoku ze všech sledovaných látek (*obr. 3*).

Nejvyšší hodnotu na odtoku mělo ze sledovaných mikropolutantů antidepresivum Fluoxetine (0,08 l/l). Celková hodnota jeho šedé vodní stopy je dána zejména nízkou hodnotou PNEC 100 ng/l. V literatuře z nedávné doby lze najít i výrazně přísnější hodnoty, např. 0,0291 ng/l [18] z roku 2022 či 3 ng/l [19] a 10,8 ng/l [20] z roku 2019. V případě PNEC 0,0291 ng/l by hodnota šedé vodní stopy Fluoxetine byla 274,9 l/l, což je 20x vyšší než hodnota šedé vodní stopy běžných znečišťujících látek. Lze potvrdit, že hodnota šedé vodní stopy je mimořádně citlivá na volbu hodnoty PNEC, resp. c_{max} . Zjištění Martínez-Alcalá [11], že mikropolutanty mohou být určující pro celkovou šedou

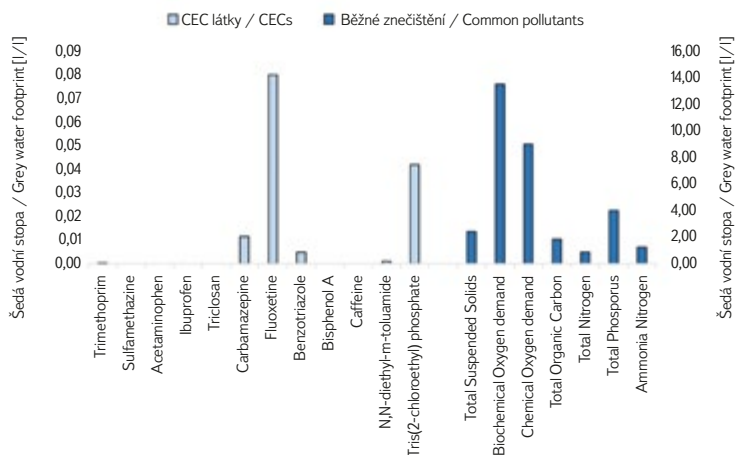
vodní stopu vypouštěného znečištění z ČOV zatím nelze jednoznačně potvrdit. Teprve další výzkum toxicity mikropolutantů ukáže, zda jsou tyto látky i přes svoje minimální koncentrace v odpadních vodách rozhodující pro vodní stopu. Použití PNEC uveřejněných v databázi NORMAN namísto použití jiných hodnot lze doporučit ze tří hlavních důvodů:

1. Jde o hodnoty diskutované odborníky sdruženými v NORMAN.
2. Hodnoty jsou periodicky revidovány/aktualizovány.
3. K dispozici jsou hodnoty pro většinu známých mikropolutantů.

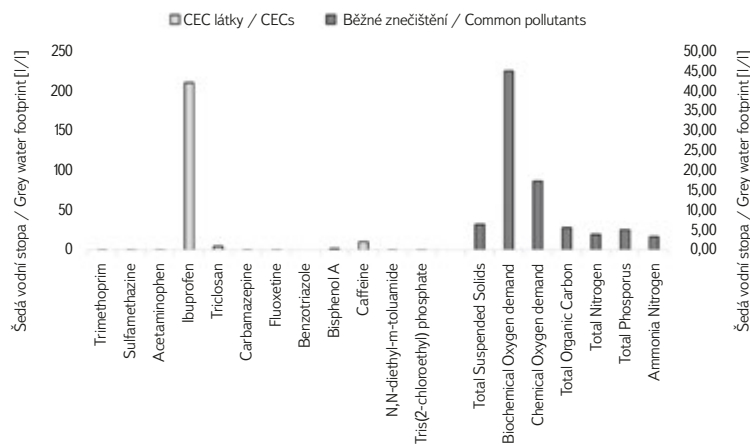
Mírně odlišná situace nastává u nečištěných odpadních vod na přítoku do ČOV (*obr. 4*). Absolutně nejvyšší šedou vodní stopu má Ibuprofen (210,5 l/l), což je způsobeno velkou koncentrací této látky na přítoku do ČOV a zejména mimořádně nízkou hodnotou PNEC 11 ng/l. Podobně nízké hodnoty PNEC však uvádějí i další autoři [19, 21]. Stejně tak potvrzují jiní autoři i vysoké koncentrace Ibuprofenu v komunálních odpadních vodách [22]. Ibuprofen je obvykle velmi dobře odbouráván systémem stabilizačních nádrží, takže na odtoku z ČOV



Obr. 2. Schéma ČOV Bandung
Fig. 2. Diagram of Bandung WWTTP



Obr. 3. Šedá vodní stopa – odtok z ČOV Bandung
Fig. 3. Grey water footprint – Bandung WWTTP effluent



Obr. 4. Šedá vodní stopa – přítok na ČOV Bandung
Fig. 4. Grey water footprint – Bandung WWTTP influent

nebyla tato látka zaznamenána. Vysokou míru odstraňování Ibuprofenu na ČOV potvrzují i další studie [23]. Celková redukce šedé vodní stopy na ČOV tak dosáhla 93,59 %. Taková hodnota redukce nebyla zatím zaznamenána v žádné studii zabývající se redukcí šedé vodní stopy na ČOV.

Tab. 3 zobrazuje porovnání šedé vodní stopy mikropolutantů z různých studií. Vyplývá z ní, že dosavadní studie se velmi liší v rozsahu sledovaných mikropolutantů i v hodnotách jejich šedé vodní stopy. Může to mít řadu důvodů. Jednak to může být způsobeno rozdílnou hodnotou PNEC použitou pro výpočet šedé vodní stopy, dále vysokou variabilitou přítomnosti mikropolutantů v odpadních vodách a nakonec také rozdílnými analytickými metodami použitými pro stanovení mikropolutantů v odpadních vodách. To lze doložit na dvou studiích z evropských ČOV [24, 25], kdy jedna sada vzorků byla analyzována dvěma odlišnými metodami a pro tři látky, které byly analyzovány oběma metodami, jsou k dispozici rozdílné výsledky.

Při interpretaci výsledků studie je třeba uvažovat několik jejích omezení. V první řadě jde o studii založenou na jednodenních vzorcích, která nemusí postihovat časovou variabilitu složení odpadních vod. Dále je třeba vzít v úvahu,

že se jedná o studii ČOV využívající systém stabilizačních nádrží, jenž např. v podmínkách střední Evropy není příliš rozšířený z důvodu vysokých nároků na plochu a nižší efektivitu čištění. Za třetí je do studie zahrnuta ČOV v Indonésii, kde panují jiné klimatické podmínky, jež ovlivňují biologické procesy čištění odpadních vod. V neposlední řadě je třeba si uvědomit, že řada mikropolutantů, jako např. farmaka, jsou biologicky aktivní látky, které mají schopnost ovlivnit necílové organismy. Odpadní vody obsahují pestrou směs těchto látek, v nichž mohou jednotlivé mikropolutanty vzájemně reagovat a metabolizovat. Princip šedé vodní stopy je však postaven na myšlence posouzení jednotlivých znečišťujících látek a pro mikropolutanty by bylo vhodnější uvažovat směsi [24, 26].

Tab. 2. Koncentrace a šedá vodní stopa běžného znečištění a mikropolutantů
Tab. 2. Concentrations and Grey Water Footprint of conventional pollution and micropollutants

ID	Parametr/Parameter	Koncentrace/Concentration			GWF [l/l]	
		Jednotka / Unit	Přítok / Influent	Odtok / Effluent	Přítok / Influent	Odtok / Effluent
TMP	Trimethoprim	ng/l	182	31	0,00	0,00
SMZ	Sulfamethazine	ng/l	25		0,00	
ACT	Acetaminophen	ng/l	9 111		0,20	
IBU	Ibuprofen	ng/l	2 315		210,45	
TCS	Triclosan	ng/l	470		4,27	
CBZ	Carbamazepine	ng/l	12	23	0,01	0,01
FLX	Fluoxetine	ng/l	10	8	0,10	0,08
BTA	Benzotriazole	ng/l		92		0,00
BPA	Bisphenol A	ng/l	378		1,58	
CAF	Caffeine	ng/l	12 220		10,18	
DEET	N,N-diethyl-m-toluamide	ng/l	4 968	82	0,06	0,00
TCEP	Tris(2-chloroethyl) phosphate	ng/l	101	251	0,02	0,04
TSS	Celkové nerozpuštěné látky / Total suspended solids	mg/l	64	24	6,40	2,40
BOD	Biochemická spotřeba kyslíku / Biochemical Oxygen Demand	mg/l	90	27	45,00	13,50
COD	Chemická spotřeba kyslíku / Chemical Oxygen Demand	mg/l	173	90	17,30	9,00
TOC	Celkový organický uhlík / Total Organic Carbon	mg/l	16,8	5,5	5,60	1,83
TN	Celkový dusík / Total Nitrogen	mg/l	11,5	2,6	3,83	0,87
TP	Celkový fosfor / Total Phosphorus	mg/l	0,5	0,4	5,00	4,00
N-NH3	Amoniakální dusík / Ammonia Nitrogen	mg/l	8,4	3,1	3,36	1,24

Tab. 3. Porovnání hodnot v studiích šedé vodní stopy mikropolutantů na ČOV
Tab. 3. Comparison of values presented in studies of GWF of micropollutants at WWTPs

ID	Parametr/ Parameter	Jednotka/ Unit	Tato studie/ This study		[11]		[12]		[27]#		[28]	
			Přítok/ Influent	Odtok/ Effluent	Přítok/ Influent	Odtok/ Effluent	Přítok/ Influent	Odtok/ Effluent	Přítok/ Influent	Odtok/ Effluent	Přítok/ Influent	Odtok/ Effluent
TMP	Trimethoprim	l/l	0,00	0,00	*	*	–	–	0,00#	0,00#	*	*
SMZ	Sulfamethazine	l/l	0,00	–	*	*	–	–	*	*	*	*
ACT	Acetaminophen	l/l	0,20	–	*	*	*	*	*	*	*	*
IBU	Ibuprofen	l/l	210,45	–	*	*	*	*	0,00#	0,02–0,62#	*	342,36–501,99
TCS	Triclosan	l/l	4,27	–	*	*	*	*	0,06#	–	*	*
CBZ	Carbamazepine	l/l	0,01	0,01	0,47–22,08	1,21–11,75	*	*	0,42–3,62	0,56–6,86	*	0,04–2,31
FLX	Fluoxetine	l/l	0,10	0,08	*	*	*	*	0,06#	0,04#	*	*
BTA	Benzotriazole	l/l		0,00	*	*	*	*	0,00–0,12#	0,01–0,07#	*	*
BPA	Bisphenol A	l/l	1,58	–	*	*	*	*	0,02–0,34#	0,03–0,49#	*	0,01–0,23
CAF	Caffeine	l/l	10,18	–	*	*	*	*	0,82–3,29#	0,01–0,82#	*	1,29–496,62
DEET	N,N-diethyl-m-toluamide	l/l	0,06	0,00	*	*	*	*	0,00#	0,00#	*	*
TCEP	Tris(2-chloroethyl) phosphate	l/l	0,02	0,04	*	*	*	*	0,02–0,08#	0,01–0,08#	*	*

* Látka nebyla ve studii zahrnuta.
- Nedostupná hodnota (obvykle pod mezí stanovitelnosti).
Data nebyla publikována v odkazovaném článku, ale jsou k dispozici na požádání.

ZÁVĚRY

Provedená studie doplňuje dosud velmi skrovnou literaturu porovnávající šedou vodní stopu standardně monitorovaných chemických parametrů s mikropolutanty vypouštěnými z ČOV. Studie potvrdila, že volba hodnoty PNEC je zásadní pro to, zda mikropolutanty mohou být určující pro hodnotu celkové šedé vodní stopy vypouštěného komunálního znečištění. Při použití hodnot PNEC dostupných v databázi NORMAN byly pro hodnotu šedé vodní stopy vyčištěných odpadních vod určující běžné znečišťující látky. Naopak v nečištěné odpadní vodě by mikropolutanty byly dominantní. Při použití hodnot PNEC, jež byly publikovány v posledních letech, by již mikropolutanty byly určujícím znečištěním i na odtoku z ČOV. Další výzkum ekotoxicity mikropolutantů je tak pro hodnocení šedé vodní stopy v praxi zásadní.

Poděkování

Autoři chtějí poděkovat Dr. Maryaně P. Astuty a doc. Lokeshi Padhyeovi z Univerzity v Aucklandu na Novém Zélandu za poskytnutá data. Dále chtějí poděkovat Dr. Haně Novákové z VÚV TGM za přípravu obr. 1.

Střet zájmů

Autoři prohlašují, že nejsou ve střetu zájmů.

Literatura

[1] HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. *Virtual Water Trade – A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade* [on-line]. 12. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2002. *Value of Water Research Report Series*. Dostupné z: https://waterfootprint.org/media/downloads/Report11_1.pdf

[2] HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London, Washington, DC: Earthscan, 2011. ISBN 978-1-84971-279-8.

[3] GÓMEZ-LLANOS, E., DURÁN-BARROSO, P., MATÍAS-SÁNCHEZ, A. Management Effectiveness Assessment in Wastewater Treatment Plants Through a New Water Footprint Indicator. *Journal of Cleaner Production* [on-line]. 2018, 198, s. 463–471. ISSN 0959-6526. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.062

[4] ROMEIKO, X. X. Comprehensive Water Footprint Assessment of Conventional and Four Alternative Resource Recovery Based Wastewater Service Options. *Resources, Conservation and Recycling* [on-line]. 2019, 151, 104458. ISSN 0921-3449. Dostupné z: doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104458

[5] ANSORGE, L., STEJSKALOVÁ, L., DLABAL, J. Effect of WWTP Size on Grey Water Footprint - Czech Republic Case Study. *Environmental Research Letters* [on-line]. 2020, 15(10), 104020. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi: 10.1088/1748-9326/aba6ae

[6] MORERA, S., COROMINAS, L., POCH, M., ALDAYA, M. M., COMAS, J. Water Footprint Assessment in Wastewater Treatment Plants. *Journal of Cleaner Production* [on-line]. 2016, 112, s. 4 741–4 748. ISSN 0959-6526. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jclepro.2015.05.102

[7] KÜMMERER, K. Emerging Contaminants versus Micro-pollutants. *CLEAN – Soil, Air, Water* [on-line]. 2011, 39(10), s. 889–890. ISSN 1863-0669. Dostupné z: doi: 10.1002/clen.201110002

[8] VLADIMIROVA, I., PAVLOVA, A., HRANILOVIC, M., DELLA LIBERA, C., KUULIALA, V. (eds.). *Micro pollutants in the Water Systems: A Contribution to the Zero Pollution Action Plan from the Research & Innovation Perspective* [on-line]. B. m.: Publications Office of the European Union, 2022. ISBN 978-92-76-48980-1. Dostupné z: doi: 10.2777/174526

[9] HAWASH, H. B., MONEER, A. A., GALHOUM, A. A., ELGARAHY, A. M., MOHAMED, W. A. A., SAMY, M., EL-SEEDI, H. R., GABALLAH, M. S., MUBARAK, M. F., ATTIA, N. F. Occurrence and Spatial Distribution of Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in the Aquatic Environment, their Characteristics, and Adopted Legislations. *Journal of Water Process Engineering* [on-line]. 2023, 52, 103490. ISSN 2214-7144. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jwpe.2023.103490

[10] SAIDULU, D., GUPTA, B., GUPTA, A. K., GHOSAL, P. S. A Review on Occurrences, Eco-Toxic Effects, and Remediation of Emerging Contaminants from Wastewater: Special Emphasis on Biological Treatment Based Hybrid Systems. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [on-line]. 2021, 9(4), 105282. ISSN 2213-3437. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jece.2021.105282

[11] MARTÍNEZ-ALCALÁ, I., PELLICER-MARTÍNEZ, F., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, C. Pharmaceutical Grey Water Footprint: Accounting, Influence of Wastewater Treatment Plants and Implications of the Reuse. *Water Research* [on-line]. 2018, 135, s. 278–287. ISSN 0043-1354. Dostupné z: doi: 10.1016/j.watres.2018.02.033

[12] STEJSKALOVÁ, L., ANSORGE, L., ROSENDORF, P., FIALA, D., CHERNYSH, Y., KÓLOVÁ, A. Šedá vodní stopa komunálního znečištění se zaměřením na antibiotika – od přítokových vod na ČOV po stav v recipientu. In: *12. biennialna konferencia s medzinárodnou účasťou Odpadové vody 2022: Zborník prednášok a posterov 12. biennialnej konferencie s medzinárodnou účasťou Odpadové vody 2022*. Bratislava: Asociácia čistiarenských expertov SR, 2022, s. 400–405. ISBN 978-80-973196-3-2.

[13] MULYANA, W., SUGANDA, E. Water Governance for Urban Resilience Analysis of Key Factors and the Role of Stakeholders in Metropolitan Area. *The Indonesian Journal of Planning and Development* [on-line]. 2017, 2(1), s. 11–18. ISSN 2442-983X. Dostupné z: doi: 10.14710/ijpd.2.11-18

[14] HAIRAN, M. H., JAMIL, N. R., LOOI, L. J., AMAL AZMAI, M. N. The Assessment of Environmental Flow Status in Southeast Asian Rivers: A Review. *Journal of Cleaner Production* [on-line]. 2021, 295, 126411. ISSN 0959-6526. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126411

[15] KURNIAWAN, K. I. A., PUTRA, A. S., ISHIZAKI, R., RANI, D. S., RAHMAH, D. M., AL HUSNA, S. N., AHAMED, T., NOGUCHI, R. Life Cycle Assessment of Integrated Microalgae Oil Production in Bojongsoang Wastewater Treatment Plant, Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research* [on-line]. 2024, 31(5), s. 7 902–7 933. ISSN 1614-7499. Dostupné z: doi: 10.1007/s11356-023-31582-6

[16] ASTUTI, M. P., NOTODARMOJO, S., PRIADI, C. R., PADHYE, L. P. Contaminants of Emerging Concerns (CECs) in a Municipal Wastewater Treatment Plant in Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research* [on-line]. 2023, 30(8), s. 21 512–21 532. ISSN 1614-7499. Dostupné z: doi: 10.1007/s11356-022-23567-8

[17] DULIO, V., KOSCHORRECK, J., VAN BAVEL, B., VAN DEN BRINK, P., HOLLENDER, J., MUNTHE, J., SCHLABACH, M., AALIZADEH, R., AGERSTRAND, M., AHRENS, L., ALLAN, I., ALYGIZAKIS, N., BARCELO, D., BOHLIN-NIZZETTO, P., BOUTROUP, S., BRACK, W., BRESSY, A., CHRISTENSEN, J. H., CIRKA, L., COVACI, A., DERKSEN, A., DEVILLER, G., DINGEMANS, M. M. L., ENGWALL, M., FATTA-KASSINOS, D., GAGO-FERRERO, P., HERNÁNDEZ, F., HERZKE, D., HILSCHEROVÁ, K., HOLLERT, H., JUNGHANS, M., KASPRZYK-HORDERN, B., KEITER, S., KOOLS, S. A. E., KRUIVE, A., LAMBROPOULOU, D., LAMOREE, M., LEONARDS, P., LOPEZ, B., LÓPEZ DE ALDA, M., LUNDY, L., MAKOVINSKÁ, J., MARIGÓMEZ, I., MARTIN, J. W., MCHUGH, B., MIEGE, C., O'TOOLE, S., PERKOLA, N., POLESSELLO, S., POSTHUMA, L., RODRIGUEZ-MOZAZ, S., ROESSINK, I., ROSTKOWSKI, P., RUDEL, H., SAMANIPOUR, S., SCHULZE, T., SCHYMANSKI, E. L., SENGL, M., TARÁBEK, P., TEN HULSCHER, D., THOMADIS, N., TOGOLA, A., VALSECCHI, S., VAN LEEUWEN, S., VON DER OHE, P., VORKAMP, K., VRANA, B., SLOBODNIK, J. The NORMAN Association and the European Partnership for Chemicals Risk Assessment (PARC): Let's Cooperate! *Environmental Sciences Europe* [on-line]. 2020, 32(1), 100. ISSN 2190-4715. Dostupné z: doi: 10.1186/s12302-020-00375-w

[18] FAN, H., WANG, Y., LIU, X., WANG, Y. Y. L., KAZMI, S. S. U. H., OHORE, O. E., LIU, W., WANG, Z. Derivation of Predicted No-Effect Concentrations for Thirty-Five Pharmaceuticals and Personal Care Products

in Freshwater Ecosystem. *Frontiers in Marine Science* [on-line]. 2022, 9. ISSN 2296-7745. Dostupné z: doi: 10.3389/fmars.2022.1043792

[19] ZHOU, S., DI PAOLO, C., WU, X., SHAO, Y., SEILER, T.-B., HOLLERT, H. Optimization of Screening-Level Risk Assessment and Priority Selection of Emerging Pollutants – The Case of Pharmaceuticals in European Surface Waters. *Environment International* [on-line]. 2019, 128, s. 1–10. ISSN 0160-4120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2019.04.034

[20] FERNÁNDEZ-RUBIO, J., RODRÍGUEZ-GIL, J. L., POSTIGO, C., MASTROIANNI, N., LÓPEZ DE ALDA, M., BARCELÓ, D., VALCÁRCEL, Y. Psychoactive Pharmaceuticals and Illicit Drugs in Coastal Waters of North-Western Spain: Environmental Exposure and Risk Assessment. *Chemosphere* [on-line]. 2019, 224, s. 379–389. ISSN 00456535. Dostupné z: doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.041

[21] HUANG, Q., BU, Q., ZHONG, W., SHI, K., CAO, Z., YU, G. Derivation of Aquatic Predicted No-Effect Concentration (PNEC) for Ibuprofen and Sulfamethoxazole Based on Various Toxicity Endpoints and the Associated Risks. *Chemosphere* [on-line]. 2018, 193, s. 223–229. ISSN 0045-6535. Dostupné z: doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.11.029

[22] SALGADO, R., NORONHA, J. P., OEHMEN, A., CARVALHO, G., REIS, M. A. M. Analysis of 65 Pharmaceuticals and Personal Care Products in 5 Wastewater Treatment Plants in Portugal Using a Simplified Analytical Methodology. *Water Science and Technology* [on-line]. 2010, 62(12), s. 2 862–2 871. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi: 10.2166/wst.2010.985

[23] KUMAR, M., SILORI, R., MAZUMDER, P., TAUSEEF, S. M. Screening of Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) along Wastewater Treatment System Equipped with Root Zone Treatment: A Potential Model for Domestic Waste Leachate Management. *Journal of Environmental Management* [on-line]. 2023, 335, 117494. ISSN 0301-4797. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jenvman.2023.117494

[24] FINCKH, S., BECKERS, L.-M., BUSCH, W., CARMONA, E., DULIO, V., KRAMER, L., KRAUSS, M., POSTHUMA, L., SCHULZE, T., SLOOTWEG, J., VON DER OHE, P. C., BRACK, W. A Risk Based Assessment Approach for Chemical Mixtures from Wastewater Treatment Plant Effluents. *Environment International* [on-line]. 2022, 164, 107234. ISSN 0160-4120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2022.107234

[25] FINCKH, S., BUCHINGER, S., ESCHER, B. I., HOLLERT, H., KÖNIG, M., KRAUSS, M., LEEKITRATANAPISAN, W., SCHIWY, S., SCHLICHTING, R., SHULIAKEVICH, A., BRACK, W. Endocrine Disrupting Chemicals Entering European Rivers: Occurrence and Adverse Mixture Effects in Treated Wastewater. *Environment International* [on-line]. 2022, 170, 107608. ISSN 0160-4120. Dostupné z: doi: 10.1016/j.envint.2022.107608

[26] BACKHAUS, T., FAUST, M. Predictive Environmental Risk Assessment of Chemical Mixtures: A Conceptual Framework. *Environmental Science & Technology* [on-line]. 2012, 46(5), s. 2 564–2 573. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi: 10.1021/es2034125

[27] ANSORGE, L., STEJSKALOVÁ, L., SOLDÁN, P. Emerging Contaminants in Wastewater – Results of Joint Danube Survey 4 Evaluated Via the Grey Water Footprint. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [on-line]. 2024, 66(1), s. 38–45. ISSN 0322–8916, 1805-6555. Dostupné z: doi: 10.46555/VTEI.2023.11.002

[28] ANSORGE, L., STEJSKALOVÁ, L., SOLDÁN, P. Grey Water Footprint of Contaminants of Emerging Concern from Wastewater in Sava River Basin. *Acta Hydrotechnica* [on-line]. 2022, 35(63), s. 117–128. ISSN 1581-0267. Dostupné z: doi: 10.15292/acta.hydro.2022.09

Autoři

Ing. Libor Ansorge, Ph.D.

✉ libor.ansorge@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-3963-8290

Mgr. Lada Stejskalová

✉ lada.stejskalova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-2271-7574

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Príspevek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.05.001

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

COMPARISON OF THE GREY WATER FOOTPRINT OF CONVENTIONAL POLLUTION AND MICROPOLLUTANTS: A CASE STUDY OF THE BANDUNG WWTP (INDONESIA)

ANSORGE, A.; STEJSKALOVÁ, L.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

Keywords: grey water footprint — wastewater treatment plant — micropollutants — contaminants of emerging concern — CECs

Grey water footprint refers to the amount of water required to dilute pollutants released into the aquatic environment to that the water quality remains above agreed water quality standards. This study examines the grey water footprint

of micropollutants, referred also as contaminants of emerging concern (CECs), compared to commonly monitored water parameters (such as nutrients and organic pollution) in wastewater. There were analysed 24-hour samples taken from Indonesia's largest WWTP, which uses a stabilization pond system for wastewater treatment. The grey water footprint was calculated for 12 micropollutants and 6 parameters of standard chemical monitoring. The highest value of the grey water footprint in the WWTP effluent had BOD₅ (13.5 l/l). The highest value among the micropollutants in the WWTP effluent had Fluoxetine (0.08 l/l). When using other published PNEC values, Fluoxetine reached higher grey water footprint values than BOD₅. The highest value of the grey water footprint in the WWTP influent had Ibuprofen (210.4 l/l), but this substance was effectively removed in the WWTP. The study highlights the importance of monitoring micropollutants in wastewater and further ecotoxicity research.



Přepracovaná směrnice o čištění městských odpadních vod přináší nové výzvy nejen ve vodohospodářském sektoru

DANIELA MERTO VÁ

Klíčová slova: čištění odpadních vod — odpadní voda — Evropská komise — směrnice EU

ABSTRAKT

Príspevek predstavuje hlavné body návrhu revízie, resp. prepíracovaného znení stávajúcej smernice Rady č. 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod, jež stanovuje pravidla pro odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod s cílem chránit životní prostředí a lidské zdraví. Předběžně dohodnutý text směrnice přináší mimo zpřísnění stávajících požadavků také zavedení značného množství nových povinností, kterých bude potřeba v ambiciózních časových termínech dosáhnout.

ÚVOD

Evropská komise zveřejnila dne 26. října 2022 během českého předsednictví v Radě EU návrh prepíracovaného znení smernice Rady č. 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod (společně s posouzením dopadů návrhu) [1]. Legislativní proces [2] v Radě EU pro životní prostředí byl komplikovaný vzhledem k potřebě zohlednit rozdílné pozice jednotlivých členských států a byl završen po více než roce přijetím tzv. obecného přístupu dne 16. října 2023. Souběžně byl návrh projednáván v Evropském parlamentu, který k původnímu návrhu Evropské komise přijal celkem 252 pozměňovacích návrhů. K dosažení shody mezi Radou EU, Evropským parlamentem a Evropskou komisí byly zapotřebí pouze dva politické triology. Nad návrhem tak panovala poměrně široká shoda a bylo nutné řešit jen některé problematické oblasti návrhu. První triolog se uskutečnil 21. listopadu 2023 a druhý, poslední, 29. ledna 2024.

Takto dosažená politická dohoda byla dne 1. března 2024 předběžně odsouhlasena členskými státy na úrovni Výboru stálých zástupců EU (tzv. Coreper) a dne 11. března 2024 ji následně schválil Výbor pro životní prostředí, veřejné zdraví a bezpečnost potravin Evropského parlamentu. Dne 10. dubna 2024 pak dohodu schválilo také plénum Evropského parlamentu [3]. Text musí následně projít právně-lingvistickou revizí, v rámci níž se již nebude obsahově měnit, dojde jen k určitým jazykovým úpravám. Finální znení bude následně předloženo novému Evropskému parlamentu k formálnímu schválení. Po něm bude nová směrnice přijata Radou EU, následně podepsána zástupci Rady EU a Evropského parlamentu a během podzimu 2024 zveřejněna v *Úředním věstníku EU*, čímž vstoupí formálně v platnost. Členské státy pak budou muset začít s transpozicí do národní legislativy, a to ve lhůtě 30 měsíců od vstupu v platnost.

Jde o rozsáhlou revizi, resp. prepíracování stávajícího znení smernice, která nebyla od svého vydání v roce 1991 ani jednou novelizována. Revize smernice směřuje k naplňování dílčího cíle Akčního plánu pro nulové znečištění (*Zero*

Pollution Action Plan) [4], jenž mj. vymezuje potřebu lépe integrovat odvětví čištění městských odpadních vod a oběhového hospodářství. Dále stanovuje pravidla pro odvádění, čištění a vypouštění zejména městských odpadních vod s cílem chránit životní prostředí a lidské zdraví v souladu s přístupem založeným na principu „*Jedno zdraví*“, jehož cílem je udržitelná rovnováha a optimalizace lidského zdraví, zvířat a ekosystémů. Kromě toho by implementace smernice měla přispět:

- k postupnému snižování emisí skleníkových plynů na udržitelnou úroveň,
- k podpoře energetické soběstačnosti a výrobě energie z obnovitelných zdrojů,
- k přechodu na oběhové hospodářství,
- ke zlepšení správy a transparentnosti odvětví,
- k pravidelnému dohledu nad určitými parametry veřejného zdraví,
- k přístupu k hygienickým zařízením.

V neposlední řadě zavádí též zásadu „*znečišťovatel platí*“ i v oblasti vodního hospodářství. Tato zásada ukládá subjektům, resp. znečišťovatelům povinnost finančně se podílet na ochraně životního prostředí.

Směrnice přináší mimo zpřísnění stávajících požadavků také zavedení značného množství nových povinností, kterých bude potřeba v ambiciózních časových termínech dosáhnout.

Rozšíření působnosti smernice

Klíčovou změnou je rozšíření věcné působnosti smernice, a to na všechny aglomerace produkující znečištění odpovídající množství 1 000 ekvivalentních obyvatel (EO) a více v případě požadavku na zajištění centralizovaného sběru, odvádění a čištění odpadních vod. Stávající hranice je nastavena na úrovni 2 000 EO. Česká republika (ČR) v rámci stávající smernice eviduje celkem 648 aglomerací se zatížením přibližně 9,3 mil. EO. Revize smernice bude znamenat navýšení počtu aglomerací spadajících do její působnosti přibližně o dalších 750, což bude představovat zvýšení pokrývaného znečištění o další 1 mil. EO. Termín pro dosažení souladu s touto změnou, tj. zajištění, aby všechny aglomerace od 1 000 EO byly vybaveny stokovými soustavami a měly veškeré zdroje splašků napojeny na stokovou soustavu, je stanoven na konec roku 2035. Pro některé členské státy existuje možnost využít prodloužení této lhůty z důvodu specifických místních podmínek území daného státu.

V aglomeracích, kde nebude z technických či ekonomických důvodů možné vybudovat stokovou soustavu, nebo tam, kde by to nepřineslo životnímu

prostředí či lidskému zdraví žádný přínos, bude zachována možnost využít individuální systémy čištění odpadních vod. Na tyto systémy budou ovšem kladeny přísnější požadavky, a to nejen z hlediska čištění odpadních vod. Budou vymezeny minimální požadavky na konstrukci, provoz a údržbu těchto systémů a dále na jejich pravidelné kontroly. Individuální systémy by navíc měly být zapísány v novém registru.

V případě tzv. sekundárního čištění městských odpadních vod bude nutné plnit již existující požadavky koncentrací, zejména v případě ukazatelů biochemické spotřeby kyslíku (BSK₅) a chemické spotřeby kyslíku (CHSK; lze alternativně nahradit ukazatelem celkový organický uhlík – rozhodnutí náleží na členském státu). Je stanoven nepovinný limit také pro koncentraci celkového obsahu nerozpuštěných látek. Kromě koncentračních limitů jsou pro jednotlivé ukazatele stanoveny i hodnoty minimálního procenta úbytku.

Tab. 1. Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod (sekundární čištění)

Tab. 1. Requirements for discharges from municipal wastewater treatment plants (secondary treatment)

Ukazatel	Koncentrace	Minimální procento úbytku
BSK ₅	25 mg/l O ₂	70–90
CHSK	125 mg/l O ₂	75
Celkový organický C	37 mg/l	75
Nerozpuštěné látky	35 mg/l	90

Zpřísnění emisních standardů

Dalším klíčovým faktorem bude zpřísnění emisních standardů pro celkový dusík a celkový fosfor, které jsou povinně odstraňovány v rámci tzv. terciárního čištění odpadních vod. Tento požadavek je relevantní pro všechny aglomerace přesahující hranici 10 000 EO. Požadavky na odstraňování zmíněných ukazatelů nejsou určeny podle velikosti aglomerace, jako tomu bylo doposud, ale přímo podle velikosti zatížení jednotlivé čistírny odpadních vod (ČOV). Nové požadavky na terciární čištění by měly být plněny postupně do konce roku 2045, kdy už by měly všechny dotčené aglomerace nově stanovené standardy plnit. Velké ČOV, tj. ty, jež mají zatížení vyšší než 150 000 EO, musejí splňovat mimo hodnot koncentrací také hodnotu minimálního procenta úbytku ve vztahu k zatížení

Tab. 2. Požadavky na vypouštění z čistíren městských odpadních vod (terciární čištění)

Tab. 2. Requirements for discharges from municipal wastewater treatment plants (tertiary treatment)

Ukazatel	Koncentrace (stávající)	Koncentrace (revize)	Minimální procento úbytku (stávající)	Minimální procento úbytku (revize)
Celkový fosfor	2 mg/l (10 000–100 000 EO)	0,7 mg/l (10 000–150 000 EO)	80	87,5 (10 000–150 000 EO)
	1 mg/l (>100 000 EO)	0,5 mg/l (>150 000 EO)	80	90 (>150 000 EO)
Celkový dusík	15 mg/l (10 000–100 000 EO)	10 mg/l (10 000–150 000 EO)	70–80	80
	10 mg/l (10 000–100 000 EO)	8 mg/l (>150 000 EO)	70–80	80

na přítoku. Tab. 2 reflektuje požadavky stávající a přepracované směrnice na vypouštění z městských ČOV. Nově se zde zavádí pojem „území citlivé k eutrofizaci“ namísto doposud používaného pojmu „citlivé oblasti“. Tato změna nebude mít na ČR dopad, jelikož z textace návrhu směrnice vyplývá, že celá naše republika bude muset být vymezena jako území citlivé k eutrofizaci. I v současné době je totiž celá ČR vymezena jako citlivá oblast.

Zavedení kvartérního stupně čištění

Dále směrnice zavádí zcela novou povinnost tzv. kvartérního stupně čištění. Uvedený požadavek se týká velkých ČOV nad 10 000 EO a jeho cílem je zajistit snížení množství mikropolutantů, tj. zejména léčiv a prostředků osobní péče (resp. jejich reziduí) a mikroplastů ve vyčištěných městských odpadních vodách. Požadavek na účinnost odstraňování specifických mikropolutantů, především léčiv, je nastaven na minimální úbytek 80 % a týká se definovaného okruhu látek, jejichž úbytek bude nutné sledovat. Na konci roku 2045 by všechny aglomerace nad 10 000 EO měly povinnosti vyplývající z kvartérního čištění splňovat.

Jelikož vybudování tohoto stupně čištění vyžaduje značné finanční (investiční i provozní) náklady, má tomuto mechanismu pomoci nově zavedený systém tzv. „rozšířené odpovědnosti výrobce“ (v souladu s principem „znečišťovatel platí“), který se má týkat vybraných průmyslových odvětví, a to farmaceutického a kosmetického průmyslu. Výrobci budou muset do systému přispívat svými prostředky ve výši nejméně 80 % celkových nákladů, přičemž se členským státům ponechala flexibilita při rozdělování zbývajících nákladů. Dále bude v kompetenci jednotlivých členských států nastavit systém zavedení a organizace tohoto mechanismu, včetně jeho samotného monitoringu. Povinnost se nebude vztahovat na výrobce, kteří uvádějí na trh EU množství látek obsažených ve výrobcích nepřesahující 1 tunu za rok, či v případech, kdy látky ve výrobcích, jež uvádějí na trh, jsou rychle biologicky odbouratelné v odpadních vodách nebo na konci své životnosti již nejsou v odpadních vodách přítomny. Členské státy by měly povinnosti vyplývající z rozšířené odpovědnosti výrobce zavést do tří let od vstupu směrnice v platnost, tzn. pravděpodobně v roce 2027.

Energetická neutralita čistíren odpadních vod

Přepracované znění směrnice nově zavádí i povinnosti spojené s energetickou neutralitou městských ČOV, kdy se tento požadavek bude týkat čistíren s produkovaným zatížením vyšším než 10 000 EO. Požadavku na dosažení tohoto cíle by se mělo postupně dosáhnout do roku 2045. Směrnice dále ukládá povinnost provádět energetické audity, jež budou zahrnovat identifikaci potenciálu

nákladově efektivních opatření ke snížení spotřeby energie a zvýšení využití a výroby energie z obnovitelných zdrojů, se zvláštním zaměřením na identifikaci a využití potenciálu výroby bioplynu nebo zpětného získávání a využití odpadního tepla při současném snížení emisí skleníkových plynů. Pro ČOV je stanovena možnost vyrábět energii z obnovitelných zdrojů přímo v lokalitě nebo mimo ni a částečně nakupovat energii z vnějších nefosilních zdrojů. Maximální povolená míra energie nakoupené z externích zdrojů je stanovena na 35 % a vztahuje se pouze na konečný cíl za určitých podmínek.

Další povinnosti vyplývající z revidovaného textu

Další povinností bude monitorovat a výrazně omezit srážkový odtok z urbanizovaných území, resp. znečištění způsobené odlehčením dešťových vod (přepady z odlehčovacích komor). Každý členský stát bude muset zpracovat integrované plány hospodaření s městskými odpadními vodami pro aglomerace přesahující zatížení 100 000 EO, a to do roku 2033. Povinnost zpracovat tyto plány bude nutné rovněž u aglomerací v kategorii 10 000–100 000 EO, kde přepady dešťových vod představují riziko pro životní prostředí nebo lidské zdraví či představují více než 2 % ročního zatížení odváděných odpadních vod v bezdeštném období, případně kdy budou přepady bránit v plnění příslušných směrnic týkajících se vodní politiky EU, a to do roku 2039. Plány by měly upřednostňovat řešení zelené a modré infrastruktury. Musejí podléhat přezkumu minimálně jednou za šest let a v případě potřeby musejí být aktualizovány.

Členské státy budou muset u ČOV také monitorovat řadu nových parametrů, např. množství a složení kalů, produkované skleníkové plyny, podíl opětovně využitě vyčištěné odpadní vody, vyrobenou a spotřebovanou energii, znečišťující látky, přítomnost mikroplastů apod. Sledování a identifikace parametrů veřejného zdraví (např. virus chřipky, poliovirus, virus SARS-CoV-2 a jeho varianty, nově se objevující patogeny aj.) v městských odpadních vodách budou dobrovolné, a to alespoň na vstupu do ČOV, s výjimkou vyhlášení stavu ohrožení veřejného zdraví (tj. pandemie). Ve všech aglomeracích nad hranicí 100 000 EO budou muset členské státy také pravidelně monitorovat ukazatele tzv. antimikrobiální rezistence na přítoku a odtoku z městských ČOV.

S kaly bude nezbytné nakládat v souladu s hierarchií nakládání s odpady. Způsoby nakládání musejí maximalizovat prevenci, přípravu na opětovné použití, recyklaci a jiné využití zdrojů a minimalizovat nepříznivé účinky na životní prostředí a lidské zdraví. Bude určena minimální míra opětovného použití a recyklace fosforu z kalů s cílem zohlednit dostupné technologie.

Rovněž bude nutné vzít v úvahu možnost opětovného využití vyčištěných odpadních vod ze všech městských ČOV tam, kde je to vhodné. Tato možnost je zacílena především na oblasti s nedostatkem vody, a to pro všechny účely využití. Kromě toho bylo přidáno ustanovení o přezkumu, jehož cílem je analyzovat přidanou hodnotu povinných vnitrostátních plánů opětovného využívání vody.

Nově směrnice zavádí také doporučující ustanovení o přístupu k hygienickým zařízením pro všechny, a to zdarma nebo za nízký poplatek. Tento požadavek se týká aglomerací přesahujících hranici 5 000 EO, a to pro veřejné budovy (zejména administrativní) i soukromé prostory přístupné veřejnosti. V případě aglomerací nad 10 000 EO je účelné zřízení zařízení na veřejných prostranstvích. Termín uložený směrnicí pro plnění tohoto požadavku je rok 2029.

Členské státy mají v řadě uvedených povinností možnost odchýlit se od výše určených lhůt či jejich plnění, vždy však za podmínek přesně definovaných směrnicí. Mnohá ustanovení budou konkrétněji dále specifikována prostřednictvím jednotlivých prováděcích aktů Evropské komise.

Tab. 3. Přehled implementačních lhůt dle jednotlivých oblastí a konečných cílů
Tab. 3. Implementation deadlines by individual areas and final goals

Povinnost	Rozsah aglomerace	Konečný termín plnění
Rozsah působnosti	Nad 1 000 EO	2035
Sekundární čištění	Nad 1 000 EO	2035
Terciární čištění	10 000–150 000 EO	2045
	Nad 150 000 EO	2039
Kvartérní čištění	10 000–150 000 EO	2045
	Nad 150 000 EO	2045
Rozšířená odpovědnost výrobců		2027
Integrované plány hospodaření	10 000–100 000 EO	2039
	Nad 100 000 EO	2033
Energetická neutralita	Nad 10 000 EO	2045
Energetické audity	10 000–100 000 EO	2032
	Nad 100 000 EO	2028
Hodnocení a řízení rizik		2027
Přístup k hygienickým zařízením	Nad 5 000 EO	2029
Reportingová činnost		2030

ZÁVĚR

Cíle přepracované směrnice lze celkově vnímat jako významnou příležitost k nastavení účinnější ochrany životního prostředí, zejména pak vodních a na vodu vázaných ekosystémů, resp. jako jednu z cest k trvalému zlepšení stavu vodních útvarů. Zároveň je nutné zmínit, že velká část návrhu je poměrně ambiciózní a plnění některých nových požadavků si vyžádá vysoké finanční náklady. Odhad nákladů poskytnutý Evropskou komisí v dopadové studii se jeví velmi podhodnocen a lze předpokládat značný dopad na státní rozpočet. Očekává se, že nové znění směrnice bude oficiálně přijato a podepsáno na konci roku 2024 (podzim/zima) a posléze zveřejněno v Úředním věstníku EU, čímž formálně vstoupí v platnost. ČR pak bude muset začít s implementací do národní legislativy, a to ve lhůtě 30 měsíců.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Studentské grantové soutěže financované Hornicko-geologickou fakultou VŠB-Technické univerzity Ostrava v rámci projektu „Výzkum detekce a identifikace mikropolutantů v životním prostředí“ (č. SP2024/004).

Literatura

[1] Impact Assessment Accompanying the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Concerning Urban Wastewater Treatment (Recast), 2022.

[2] Council of the European Union. Guide to the Ordinary Legislative Procedure. European Union, 2016.

[3] Legislativní usnesení Evropského parlamentu ze dne 10. dubna 2024 o návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady o čištění městských odpadních vod (přepracované znění) (2022/0345/COD), 2024.

[4] Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů Cesta ke zdravé planetě pro všechny – Akční plán EU: „Vstříc nulovému znečištění ovzduší, vod a půdy“, 2021.

Autorka

Ing. Daniela Mertová

✉ daniela.mertova.st@vsb.cz

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.05.003

ISSN 0322-8916 © 2024 Autorka. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

RECAST OF THE URBAN WASTEWATER TREATMENT DIRECTIVE BRINGS NEW CHALLENGES NOT ONLY IN THE WATER MANAGEMENT SECTOR

DANIELA MERTO VÁ

VSB – Technical University of Ostrava

Keywords: wastewater treatment – wastewater – European Commission – EU Directive

This article presents the main elements of the recast of Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment, which lays down rules for the collection, treatment and discharge of urban waste water in order to protect the environment and human health. In addition to strengthening existing requirements, the text of the new Directive, as provisionally agreed, introduces a significant number of new obligations to be achieved within ambitious deadlines.





Autoři VTEI

Ing. Libor Ansorge, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ libor.ansorge@vuv.cz

www.vuv.cz



Ing. Libor Ansorge, Ph.D., je zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., od roku 2011 a od roku 2018 vykonává funkci náměstka pro výzkumnou a odbornou činnost. V roce 1997 ukončil inženýrské studium na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze, obor Vodní hospodářství a vodní stavby, a v roce 2017 na stejné fakultě pak doktorský studijní program obor Inženýrství životního prostředí. Profesně se zabývá širokým spektrem problémů spojených s užíváním vody se zaměřením na budoucí potřeby vody pro společnost a na environmentální hodnocení užívání vody. Jako hlavní řešitel nebo člen řešitelského týmu se podílí či podílel na řešení několika výzkumných projektů.

Mgr. David Honek, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Brno

✉ david.honek@vuv.cz

www.vuv.cz



Mgr. David Honek, Ph.D., absolvoval studium geografie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně a v roce 2020 mu byl udělen doktorský titul z fyzické geografie. V rámci svého studia se zaměřil na modelování erozních a sedimentačních procesů v malých povodích v Česku a na Slovensku. Od roku 2018 pracuje ve VÚV TGM, v. v. i. Zde se zaměřuje na celou řadu oblastí vodního hospodářství. Mezi hlavní řešená témata patří mapování a hodnocení historických vodohospodářských objektů, environmentální studie a modelování srážkoodtokových procesů, ekosystémové služby a jejich vazby na vodní hospodářství v krajině a další. Součástí jeho pracovní náplně je také prezentace hlavních výsledků práce v odborných periodikách, tvorba aplikačních výstupů (soubory map, metodiky, výstavy) a prezentace práce široké veřejnosti a na vysokých školách.

Ing. Luděk Bureš, Ph.D.

ČZU v Praze

✉ buresl@fzp.czu.cz

www.fzp.czu.cz



Ing. Luděk Bureš, Ph.D., je absolventem inženýrského oboru Krajinné inženýrství (2013) a doktorského oboru Environmentální modelování (2019) na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Profesně se zabývá především hydrodynamickým modelováním vodních toků a přípravou batymetrických modelů pro hydrodynamické modelování. Podílí se na řešení výzkumných projektů. Je autorem a spoluautorem publikací v mezinárodních i tuzemských odborných časopisech, certifikovaných metodik, specializovaných map a softwarů.

Ing. Daniela Mertová

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

✉ daniela.mertova.st@vsb.cz

www.vsb.cz



Ing. Daniela Mertová je studentkou postgraduálního studia na Vysoké škole báňské – Technické univerzity Ostrava ve studijním programu Ochrana životního prostředí v průmyslu. V roce 2021 absolvovala inženýrské studium na Hornicko-geologické fakultě téže univerzity, obor Environmentální inženýrství, s tématem diplomové práce „Vybrané environmentální aspekty výskytu endokrinních disruptorů v odpadních vodách“. V problematice ochrany vod pokračuje i ve svém doktorském studiu, a to s tématem disertační práce „Studium dopadu revidovaných legislativních předpisů Evropské unie na požadavky odstraňování mikropolutantů z vod“. Je členkou řešitelského týmu výzkumných projektů. Profesně se zabývá tématem čištění městských odpadních vod a problematikou oběhového a odpadového hospodářství.



Setkání ministrů zemědělství zemí Visegrádské čtyřky ve Znojmě v září 2023 (Foto: archiv MZe)

Rozhovor s ministrem zemědělství Mgr. Markem Výborným

Podílí se na přípravách výstavby dalších přehradních nádrží v České republice a plánuje tu vybudovat i nové přečerpávací vodní elektrárny. Prioritou v oblasti vodního hospodářství je podle něj zejména rozvoj infrastruktury vodovodů a kanalizací včetně úpraven pitné vody a čistíren odpadních vod, technická opatření k zadržení vody v krajině, výstavba či obnova malých vodních nádrží a rybníků, rozvoj vodárenských soustav a také modernizace existujících zavlažovacích soustav. O tom, jaký byl jeho první rok ve funkci ministra zemědělství a čeho dalšího by chtěl v této pozici dosáhnout, se pro VTEI rozpovídal Mgr. Marek Výborný.

Pane ministře, loni v červnu vás prezident České republiky jmenoval ministrem zemědělství. S jakou vizí a plány jste na Ministerstvo zemědělství přicházel?

Jedním ze zásadních témat byla samozřejmě společná zemědělská politika, u které nás čekalo zhodnocení prvního roku jejího fungování. Bylo mi jasné, že narazíme na věci, jež bude nutné upravit. A že změny, ke kterým dojdeme, musejí být ve prospěch českých zemědělců a české krajiny. Ostatně v její prospěch je i podpora ekologického zemědělství, na niž se také zaměřuji. Stejně

jako na precizní zemědělství, které umožňuje šetrně hospodařit se vzácnou půdou v již zmíněné krajině. Pokud ji totiž chceme v dobrém stavu předat dalším generacím, musíme začít hned a intenzivně, než bude pozdě. To samé platí o podmínkách pro zemědělce a potravináře. Musejí mít co nejpříznivější podmínky pro práci. Vůči jiným státům musíme být konkurenceschopní. Některé kroky není možné udělat ze dne na den, z měsíce na měsíc nebo z roku na rok, ale musíme se umět připravit. Už jen proto, že letos začala příprava další nové společné zemědělské politiky a my jako Česká republika chceme patřit k lídrům debat.

V jednom rozhovoru krátce po svém jmenování jste řekl, že ministr nemusí být v dané problematice odborníkem. Tehdy jste uvedl, že klíčové pro ministra je, aby měl silný politický mandát a aby uměl komunikovat. Změnil jste po roce svého působení v pozici ministra na tento výrok názor?

Už před nástupem na ministerstvo jsem zdůraznil, že se chci soustředit na změnu komunikačního stylu. Na tom se za ten rok nic nezměnilo. Naopak, myslím si, že schopnost dobře komunikovat se stala ještě důležitější. Stále jsem

tedy přesvědčen, že ministr i celé ministerstvo musí velice aktivně komunikovat nejen s odbornou, ale i laickou a zemědělskou veřejností. Jsem člověkem, který ostatním dokáže naslouchat a je připraven pomáhat při řešení problémů. Samozřejmě vím, že nelze vždy najít řešení, které uspokojí všechny. Jde ale o to najít kompromis, domluvit se, vysvětlovat, zkrátka pracovat společně ve prospěch tohoto důležitého oboru.

Vodní hospodářství je kompetenčně rozděleno mezi několik ministerstev, zejména pak mezi resorty životního prostředí a zemědělství. Nakolik problematiku vnímáte rozdělení těchto kompetencí mezi více ministerstev, např. v oblasti ochrany před povodněmi?

Dovolte mi uvést na pravou míru vyjádření, že vodní hospodářství je kompetenčně rozděleno. Jde o sdílení kompetencí, což již samo napovídá, že nejde o vytváření rozdílných postojů k různým tématům, ale o spolupráci při hledání nejvhodnějšího řešení jakéhokoli problému, který se týká vodního hospodářství. Kompetence sdílejí ministerstva zemědělství, životního prostředí, dopravy a obrany. V konkrétním případě dotazu na ochranu před povodněmi je situace naprosto zjevná – prevence povodní je v rámci sdílených kompetencí v gesci Ministerstva životního prostředí, přičemž například protipovodňová opatření realizují správci vodních toků, státní podniky Povodí a Lesy České republiky. Současný evropský přístup k úpravám vodních toků, výstavbě vodních děl a řízení vodního hospodářství vychází ze snahy omezit negativní dopady technických opatření a úprav, současných i historických, vodních útvarů na vodní ekosystémy a jejich kvalitu, cílem je stav zlepšovat. Proto třeba při projednávání návrhů nových vodních děl, zejména přehradních nádrží, dochází při komunikaci resortů k hledání cest, jak při výstavbě technických opatření omezit negativní dopady na životní prostředí, včetně možnosti využít v dotčených lokalitách situaci k podpoře krajinných i vodních ekosystémů. Donedávna byla situace sdílených kompetencí v Česku kritizována s odkazem například na situaci v Rakousku, kde jediné ministerstvo pod jednou střešou soustředilo vrchol státní správy pro zemědělství, lesní a vodní hospodářství a životní prostředí. Nyní v Rakousku rovněž existují resorty dva, a to Federální ministerstvo pro zemědělství, lesnictví, regiony a vodní hospodářství a Federální ministerstvo ochrany klimatu, životního prostředí, energetiky, mobility, inovací a technologií. Je evidentní, že problematika vodního hospodářství opět zasahuje do obou těchto resortů, i když gesce hospodářská a ochrany životního prostředí jsou jasněji odděleny, ale neobejdou se bez úzké spolupráce.

Ministerstvo zemědělství v roce 2023 vyčlenilo přes 20 miliard korun na boj proti suchu. Můžete našim čtenářům přiblížit, na jaká konkrétní opatření jsou tyto prostředky určeny?

Zmíněné „vyčlenění“ finančních prostředků vyplývá z naplňování Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky na období 2023 až 2027, která obsahuje 35 adaptačních opatření k omezení dopadů sucha a nedostatku vody. Gesci na opatření mají resorty zemědělství, životního prostředí, průmyslu a obchodu, vnitra (to je zastupováno Hasičským záchranným sborem) a místního rozvoje. Jde o pokračování Koncepce přijaté v roce 2017, o němž vláda rozhodla na základě vyhodnocení aktivit za období 2017 až 2022. Obsažená adaptační opatření jsou totiž vesměs dlouhodobá, časově náročná na realizaci a je třeba v nich neustávat. Jde například o výstavbu přehradních nádrží pro vodárenské využití, omezení rozsahu eroze a posílení obsahu organické hmoty v půdě. V žádném případě je nelze označit za „boj“ se suchem, jde o opatření ke snížení následků změny klimatu, která se projevuje růstem teplot vzduchu, což primárně ovlivňuje situaci vodních zdrojů a hospodaření s vodou. Globální cíle omezení emisí skleníkových plynů, jež jsou příčinou oteplování Země, se bohužel nedaří plnit tak, aby v roce 2050 dosáhly úrovně z počátku industriální sféry, tedy z let 1850 až 1900. Je již zjevné, že se nepodaří

zajistit nepřekročení nárůstu teploty vzduchu maximálně o plus 1,5 stupně Celsia. Růst teplot nad uvedený limit – jen zmíním, že se očekává minimálně o 2,5 až 3 stupně Celsia po roce 2050 – zvýší výpar vody a bude mít za následek výraznější dopady zejména na vodní poměry, zemědělství, krajinné ekosystémy a jejich biodiverzitu. Proto narůstá význam adaptačních opatření k omezení těchto dopadů a naplňování opatření obsažených v Konceptu se stává prioritou zmíněných resortů.

Prioritami v oblasti vodního hospodářství jsou zejména rozvoj infrastruktury vodovodů a kanalizací, a to včetně úpraven pitné vody a čištění odpadních vod, technická opatření k zadržení vody v krajině, k akumulaci vody v krajině výstavbou či obnovou malých vodních nádrží a rybníků, rozvoj vodárenských soustav, příprava a výstavba přivaděčů do vodárenských nádrží a také modernizace existujících závlahových soustav. Na tato opatření šla podpora přes čtyři miliardy korun. Mezi příklady provedených opatření patří propojení a posílení vodárenských soustav, kdy bylo splněno sedm pilotních projektů s podporou 1,7 miliardy korun, realizace 128 kilometrů vodovodů a 59 čištění odpadních vod. Pokračuje příprava vodních nádrží, jako jsou Vlachovice, Kryry, Senomaty, Šanov a přivaděče z Ohře, vykupují se pozemky. Významná je realizace agro-environmentálních opatření, na které bylo alokováno přibližně 4,5 miliardy korun, například na zatravňování orné půdy a drah soustředěného odtoku, na ošetřování travních porostů, dokonce na ochranu čejky chocholaté a také na kompenzace v územích se zvláštní ochranou ekosystémů. Zásadní jsou projekty pozemkových úprav, které umožňují komplexní přístup ke zlepšení struktury krajiny, a navíc prostřednictvím takzvaných společných opatření posilují zadržení odtoku vody ze zemědělských pozemků a přispívají k omezení eroze. V loňském roce byly finančně podpořeny částkou 2,2 miliardy korun.

Jedním z opatření boje proti suchu je i výstavba vodních nádrží. Dlouholetým evergreenem je realizace vodního díla Nové Heřminovy. V jaké fázi se tento projekt nyní nachází?

Neodpustím si reakci na slovo „evergreen“. Asi se shodneme, že návrh údolní nádrže Nové Heřminovy je bezesporu zásadním zásahem do jakéhokoli údolí a říčního kontinua a do života obcí, především obce Nové Heřminovy, která je výstavbou ve své dolní rozvolněné části ovlivněna. Proto se od katastrofální povodně v roce 1997 zhruba deset let hledalo optimální řešení ochrany obyvatel žijících v údolí řeky Opavy od Nových Heřminov přes obce Zátor, Brantice a Holasovice a zejména měst Krnov a Opava. Nakonec se dohodlo kompromisní řešení, kdy přehradní nádrž bude menší a k dosažení očekávaných efektů povodňové ochrany se udělají úpravy v povodí nad profilem přehrady i v korytě řeky a údolní nivě pod přehradou. Tento přístup obsahuje vládní usnesení z roku 2008, kterým začala příprava opatření proti povodním na horní Opavě. Kromě klíčového prvku údolní nádrže Nové Heřminovy jsou prováděna další opatření v povodí, a to výstavba malých vodních nádrží a poldrů, úpravy koryta řeky Opavy, zřízení měřicích stanic k monitoringu srážek a průtoků a také komplexní pozemkové úpravy. Z toho je vidět, že příprava je složitá a časově náročná. Takže je otázkou, zda jde o „evergreen“, nebo o současný průběh přípravy vodního díla většího rozsahu k efektivní ochraně před povodněmi, která začíná v obci Nové Heřminovy, končí pod městem Krnov a týká se hraničního toku s Polskem.

Mohu ale s potěšením konstatovat, že pro vodní dílo Nové Heřminovy je vydáno územní rozhodnutí, stejně jako územní rozhodnutí pro přeložku silnice I/45 podél budoucí zátopky vodního díla, což je nezbytný předpoklad pro realizaci přehradní hráze. Také je důležité, že vztahy s obcí a komunikace s jejím současným vedením byly obnoveny a jsou na velmi dobré úrovni.

Údolní nádrž Nové Heřminovy je komplexním opatřením. Na jedné straně ochrání přes 15 900 obyvatel a zhruba 1 900 stavebních objektů, jež jsou nyní v záplavovém území stoleté vody, a na straně druhé nádrž svým nadlepšovacím účinkem posílí průtoky v řece a zlepší napjatou vodohospodářskou bilanci

hraniční řeky Opavy mezi městy Krnov a Opava, která leží v takzvaném srážkovém stínu pohoří Jeseníků. Příznivé je i to, že státní podnik Povodí Odry jako investor akce kromě jiného navrhuje k tomuto vodnímu dílu řadu moderních a ojedinělých kompenzačních opatření, jako jsou obtokové koryto kolem nádrže, které nahradí přerušení říčního koryta řeky Opavy, řešení náhradního způsobu chodu splavenin s vybudovanými místy pro jejich ukládání nad zátopu a jejich rozplavování pod přehradní hrází. Dále je navržen migrační průchod přehradní hrází, ale i přes údolí Opavy pro vydry a další živočichy. Část betonové tížné hráže je přisypána zeminou z pohledového důvodu a kvůli lepšímu začlenění do krajiny a do údolí řeky Opavy. Zátopa vodního díla přinese zmírňování extrémních klimatických vlivů při vedrech a konec zátopy je věnován přirozenému vývoji s postupným vznikem biotopů.

Mohu říci, že řada plánovaných protipovodňových opatření v povodí horní Opavy už je hotová. Jsou to měřicí stanice, malé vodní nádrže nebo úpravy koryta Opavy. Příprava vodního díla Nové Heřminovy tedy pokračuje a předpokládám, že jeho výstavba začne v průběhu roku 2028 s uvedením do trvalého provozu nejspíše do roku 2033.

Na území České republiky je vytipováno několik desítek lokalit potenciálně vhodných pro výstavbu nových vodních nádrží. Jsou lokality, na které se chcete primárně zaměřit?

Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod, který byl v roce 2020 aktualizován, nyní obsahuje 86 lokalit. Z tohoto Generelu se nyní připravují přehradní nádrže v Nových Heřminovech, o níž jsem hovořil, a dále ve Vlachovicích na Zlínsku a Kryrech na Rakovnicku. Záměr přehradní nádrže Kryry je rozšířen o výstavbu menších nádrží Senomaty a Šanov a zejména je doplněn výstavbou přivaděče vody z Ohře, odebírané pod nádrží Nechranice. Tato nově budovaná vodohospodářská soustava zajistí dostatečné a udržitelné vodní zdroje pro budoucí období i v případě pokračujícího nepříznivého vývoje změny klimatu. Případné další využití lokalit z Generelu vyplyne z vyhodnocení zabezpečení stávajících vodárenských odběrů z nádrží, které probíhá ve všech státních podnicích Povodí. Zjištěné údaje budou samozřejmě posuzovány i z pohledu dostupnosti vodárenských odběrů z podzemních vod a v případě zjištění nedostatečnosti po roce 2050 bude možné přistoupit k hledání nejvhodnějšího řešení. Nemusí to být vždy nová přehradní nádrž, ale propojení vodárenských nebo vodohospodářských soustav. Je zřejmé, že vodní zdroje ohrožené nepříznivým vývojem vodohospodářské bilance jsou zejména v povodí Dyje, kde je hájených 12 lokalit. Generel hájených lokalit bezpochyby plní svůj účel a volba výběru lokalit k realizaci vždy bude vycházet z pečlivého vyhodnocení dostupnosti vodních zdrojů ve vazbě na vývoj dopadu změny klimatu pro situaci v jednotlivých dílčích povodích.

Letos v březnu vyšla na stránkách Ministerstva zemědělství velmi zajímavá informace týkající se výběru vhodných lokalit pro výstavbu přečerpávacích elektráren. Jaké budou další kroky? A máte již k dispozici konkrétní harmonogram?

Ano, na přelomu února a března Ministerstvo životního prostředí spolu s naším ministerstvem představilo lokality, kde by bylo možné vybudovat nové přečerpávací vodní elektrárny. Jde o lokality, na nichž není výstavba významně v konfliktu s ochranou přírody a krajiny. Nespornou výhodou přečerpávacích vodních elektráren je, že v případě akutní potřeby dokážou dodat elektřinu do sítě téměř okamžitě, posilují stabilitu přenosové soustavy, a jsou tedy jedním ze zdrojů „zelené“ energie. Je to další krok na cestě k energetické nezávislosti i bezpečnosti Česka, jak prokazují již existující přečerpávací vodní elektrárny například u přehrady Štěchovice, Mohelno a zejména Dlouhé stráně na Moravě.



Tisková konference po uvedení ministra Marka Výborného do funkce 29. června 2023
(Foto: archiv MZe)

Seznam šesti potenciálních míst pro přečerpávací vodní elektrárny vycházel z původní studie Ministerstva průmyslu a obchodu z roku 2010, doplněné Ministerstvem životního prostředí a posouzené státními podniky Povodí. Mezi těmito šesti vybranými lokalitami pro možný rozvoj nových přečerpávacích vodních elektráren, jimiž jsou Orlík, Slapy, Pastviny, Libochovany, Vinice a Slezská Harta, se nacházejí dvě, u kterých by mohly být potenciálním investorem státní podniky Povodí. U zbývajících čtyř mohou být investoři jiní, zejména polostátní firma ČEZ, jež provozuje stávající vodní elektrárny. Potenciálem těchto šesti lokalit je svým instalovaným výkonem 1 222 megawatt zdvojnásobit současný výkon přečerpávacích vodních elektráren u nás.

Ministerstvo zemědělství letos upravilo podmínky pro dotaci na snížení obsahu škodlivých látek v pitné vodě, respektive podmínek pro používání pesticidů na orné půdě v ochranných pásmech vodních zdrojů. Přibližte nám, prosím, přínosy této úpravy.

Problematiku znečištění vodárenských nádrží dlouhodobě sleduje odborná i laická veřejnost. Jde o citlivé téma, neboť kvalita vody, kterou pijeme, je veřejným zájmem nás všech, vždyť kvalita pitné vody má přímý vliv na zdraví člověka. Vzhledem k tomu, že česká krajina je velmi intenzivně zemědělsky obhospodávána, což s sebou nese mimo jiné časté aplikace přípravků na ochranu rostlin (POR), tedy lidově řečeno postřiků proti škůdcům, je nezbytné dát do přímé souvislosti aplikované látky POR a následná rezidua těchto látek, jež jsou detekována ve vodárenských nádržích. Primárně jde o pesticidy a jejich metabolity. Jelikož je v celospolečenském zájmu zvyšovat kvalitu pitné vody pro obyvatele České republiky, je nezbytné hospodařící subjekty v povodí vodárenských nádrží motivovat, aby omezovaly aplikaci přípravků na ochranu

rostlin pouze na nezbytnou možnou míru, v ideálním případě, aby byla zemědělská činnost prováděna plně bez aplikace POR.

Ministerstvo zemědělství připravilo pilotní projekt na snížení aplikace POR v ochranném pásmu vodního zdroje Švihov na řece Želivce, který zásobuje kolem 1,5 milionu obyvatel Prahy a středních Čech. Tento pilotní projekt byl realizován v letech 2019 až 2023 s tím, že průběžné výsledky přinesly pozitivní trend ve snížení aplikovaných POR a bylo rozhodnuto o rozšíření na další vodárenské nádrže Římov, Vrchlice a Opatovice. Vodní nádrž Římov slouží jako zdroj pitné vody pro zhruba 350 tisíc obyvatel jižních Čech, vodní nádrž Vrchlice zásobuje pitnou vodou asi 60 tisíc obyvatel Kutnohorska a Čáslavska, vodní nádrž Opatovice kolem 42 tisíc obyvatel Vyškova. Účelem projektu je omezení aplikace POR na zemědělských pozemcích v ochranných pásmech uvedených vodárenských nádrží, kdy intenzivní zemědělské hospodaření vede ke zvýšenému výskytu pesticidů a jejich metabolitů. Nezbytnou součástí projektu je *Metodika hospodaření v ochranných pásmech vodních zdrojů* (OPVZ) dotčených nádrží. Tento dokument upravuje v rámci rostlinné produkce možnost aplikace pouze POR, jež v Registru přípravků na ochranu rostlin nejsou vyloučeny z použití v OPVZ II. a pásmech hygienické ochrany (PHO) II. stupně zdrojů povrchové vody, přičemž je u povolených POR striktně stanoven maximální limit na hektar aplikované plochy. Dodržování hospodaření v souladu s metodikou bude kontrolovat Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, a to prostřednictvím kontrol na místě u všech zapojených subjektů. Za dodržování podmínek hospodaření plně v souladu s Metodikou bude zapojeným subjektům náležet finanční kompenzace jako újma za omezenou produkci komodit, kterou budou zemědělci realizovat v důsledku omezené možnosti aplikace POR. V případě jakéhokoli porušení zásad hospodaření uvedených v Metodice budou ze 100 procent kráceny kompenzace. Byť jde o velmi přísný přístup, je pro naše ministerstvo zásadní, aby se po dobu trvání pilotního projektu pravidla dodržovala na 100 procent, neboť jediné tak budeme schopni za relativně krátké časové období vyhodnotit dopady tohoto projektu. Aby bylo možné dané cíle měřit a vyhodnocovat, budou příslušní správci Povodí cíleně monitorovat povrchové i drenážní vody. Samozřejmostí bude průběžný monitoring kvality vody v samotných nádržích v různých profilech. Přeji si a věřím, že toto opatření podstatným způsobem přispěje ke zvýšení kvality pitné vody, a tedy i zdraví obyvatel, což je bezpochyby veřejným zájmem nás všech.

Novela Směrnice o čištění komunálních odpadních vod (UWWTD) je současným tématem ve vodním hospodářství. Co bude znamenat přijetí této novely pro české vodní hospodářství?

Na české vodní hospodářství bude mít novela směrnice velmi významný dopad. Její implementaci se mimo jiné sníží znečištění jak povrchových, tak podzemních vod, které jsou zdrojem pro pitnou vodu, a to díky zpřísnění limitů pro vypouštění odpadních vod a zavedení odstraňování nových látek, jako jsou mikropolutanty, tedy zejména produkty farmaceutického a kosmetického průmyslu. Přispěje k tomu také povinnost pro obce nad 1 000 obyvatel mít kanalizaci zakončenou odpovídající čistírnou odpadních vod. Dosud byla tato hranice 2 000 obyvatel, takže nově bude tato povinnost platit pro dalších zhruba 750 obcí, v nichž žije zhruba milion obyvatel.

Současně novela přináší příležitosti pro zavedení nových technologií a inovací v této oblasti, ale i v oblasti obnovitelných zdrojů energie v souvislosti s energetickou neutralitou provozovaných čistíren odpadních vod a kanalizací.

Zde je třeba si také uvědomit, že všechna tato opatření, která ve svém důsledku povedou ke zmírnění dopadů na životní prostředí a lidské zdraví, budou stát nemalé finanční prostředky, jež se budou muset promítnout i do budoucích cen pro stočné.

Novela Směrnice UWWTD zavádí tzv. zodpovědnost výrobců, kteří by měli nést část nákladů na odbourávání látek obsažených v jejich

výrobci na čistírnách odpadních vod. Jaké jsou vaše plány či představy o naplnění této povinnosti?

Konkrétní představy zatím nemáme, protože nejsou známy detailní podmínky zavedení takzvané rozšířené odpovědnosti výrobců (EPR). Evropská komise by do finálního schválení novely směrnice, které předpokládáme letos na podzim, měla představit doporučení a pokyny pro implementaci v jednotlivých členských státech. Inspirací může být zavedení EPR v rámci odpadového hospodářství, kde mají výrobci odpovědnost za své výrobky včetně jejich obalů od procesu výroby přes jejich distribuci a prodej až ke konečné ekologické likvidaci. Odpovědnost výrobců se bude zatím týkat pouze farmaceutického a kosmetického průmyslu a bude třeba tento systém nastavit ve spolupráci s dalšími resorty, mezi něž patří Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo průmyslu a obchodu a samozřejmě Ministerstvo životního prostředí, tak aby byly zajištěny nezbytné finanční prostředky na plnění EPR a současně nedošlo například k omezení dostupnosti některých léčiv.

Máte za sebou rok v „křesle“ ministra zemědělství. Je něco, co byste udělal jinak? A co konkrétního byste rád ze své pozice prosadil?

Stále znovu se mi potvrzuje, že problém je potřeba řešit konstruktivně a bez odkladu u jednacího stolu. Už téměř rok se potýkáme s vyhláškou o záplavových zónách, což považuji za chybu. Myslím, že v tomto případě jsme měli být od začátku razantnější a požadovat po Ministerstvu životního prostředí jasná a neměnná stanoviska. Problém totiž nyní dopadá na samosprávy, což mě velmi mrzí.

A co bych rád prosadil? Určitě se musíme věnovat problematice dobudování kanalizací, případně domácích čistíren odpadních vod, je třeba řešit problém sucha a akumulace vody v krajině, s čímž souvisí také dostatek finančních prostředků i na velké vodohospodářské stavby, jako jsou vodní díla Nové Heřminovy, Kryry nebo Vlachovice. Určitě chci pokračovat v debatě s Povodími, abychom dokázali účinná opatření na vodních tocích směřovat nejen ke konvenčním „betonovým“ řešením, ale i k renaturaci toků, která bude citlivá k přírodě.

Pane ministře, děkuji vám za čas, který jste věnoval našemu rozhovoru.

Ing. Josef Nistler

Mgr. Marek Výborný

Mgr. Marek Výborný se narodil 10. července 1976 v Chrudimí. Vystudoval teologii na Cyrilometodějské teologické fakultě a historii na Filozofické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Zpočátku působil jako učitel dějepisu, základů společenských věd a latiny na Gymnáziu Pardubice, v letech 2012–2018 byl jeho ředitelem. Od roku 2005 je členem KDU-ČSL, v letech 2019–2020 byl i jejím předsedou. Od 21. října 2017 je poslancem Poslanecké sněmovny Parlamentu České republiky, 29. června 2023 byl jmenován ministrem zemědělství. Rovněž je členem skautské organizace, České křesťanské akademie a jednatelem pěveckého souboru Vlastislav Heřmanův Městec.



Nové rozvodnice povodí 1. až 4. řádu

RADOVAN TYL, PETR ŠERCL

Klíčová slova: rozvodnice — DMR 5G — povodí 4. řádu — ZABAGED

ÚVOD

Rozvodnice, resp. plocha povodí, je používána jako základní vstupní údaj do celé řady vodohospodářsky zaměřených činností, ať už jde o srážkoodtokové modelování, výpočet vodohospodářské bilance, zhotovování povodňových plánů, nebo využití rozvodnic jako jednoho z datových zdrojů územně analytických podkladů. Plocha povodí, vymezená rozvodnicí, je také nezbytným a základním podkladem při odvozování standardních i nestandardních hydrologických údajů dle normy *ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod* [1] a současně je to základní prostorová jednotka používaná v hydrologické praxi.

Definice povodí je zakotvena v zákoně č. 254/2001 Sb. (dále jen vodní zákon) [2], kde je řečeno, že povodí je území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře. Dílčí povodí je pak území, z něhož veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a jezer do určitého místa vodního toku, což je obvykle jezero nebo soutok řek. Podle vyhlášky 252/2013 Sb. [3], se hydrologická povodí evidují formou polygonu v rozsahu údajů o jejich číselném identifikátoru a velikosti plochy a jsou stanovována na základě hydrologické struktury vodních linií. Tato identifikace je v kompetenci Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Z výše uvedeného je zřejmé, že k přesnému stanovení rozvodnic dílčích povodí je třeba mít k dispozici co nejpřesnější topografické podklady, tj. říční síť se soutokovými uzly, definovanou hydrologickou strukturou (pořadí zaústění vodních toků) a také co nejpřesnější informace o nadmořských výškách daného území pro korektní vedení rozvodnice. Za prostorové vymezení a číselnou evidenci rozvodnic je v České republice (ČR) rovněž zodpovědný ČHMÚ.

Rozvodnice základních ploch povodí mají dlouhou historii začínající ve druhé polovině minulého století, kdy bylo zveřejněno první hydrologické členění vodních toků, a to v publikaci L. Horského a kol. *Hydrologické poměry ČSSR* [4]. Se zpřesňováním nezbytných podkladů bylo potřeba v průběhu let aktualizovat i rozvodnice základních ploch povodí tak, aby prostorové rozlišení odpovídalo měřítkům běžně používaným ve státní správě. Zároveň zhruba od roku 1997 docházelo k přechodu z papírových tištěných map, jako byly již zmíněné *Hydrologické poměry ČSSR* nebo *Základní vodohospodářská mapa v měřítku 1 : 50 000* (<https://www.dibavod.cz/63/puvodni-tistena-zakladni-vodohospodarska-mapa-1:50-000.html>), k digitalizaci rozvodnic, což následně umožňovalo provádět první prostorové analýzy pro potřeby hydrologického počítačového modelování. Digitalizace rozvodnic na měřítko 1 : 25 000 probíhala přibližně od roku 2001, od roku 2008 následovalo zpřesnění datové sady rozvodnic do měřítka 1 : 10 000.

V posledních několika letech byly rozvodnice povodí 4. řádu aktualizovány v reakci na dokončený digitální model reliéfu 5. generace v prostorovém rozlišení 2 × 2 metry [5] a datovou sadu vodních toků ZABAGED[®] zpřesněnou pomocí leteckého laserového skenování [6].

Nové podklady

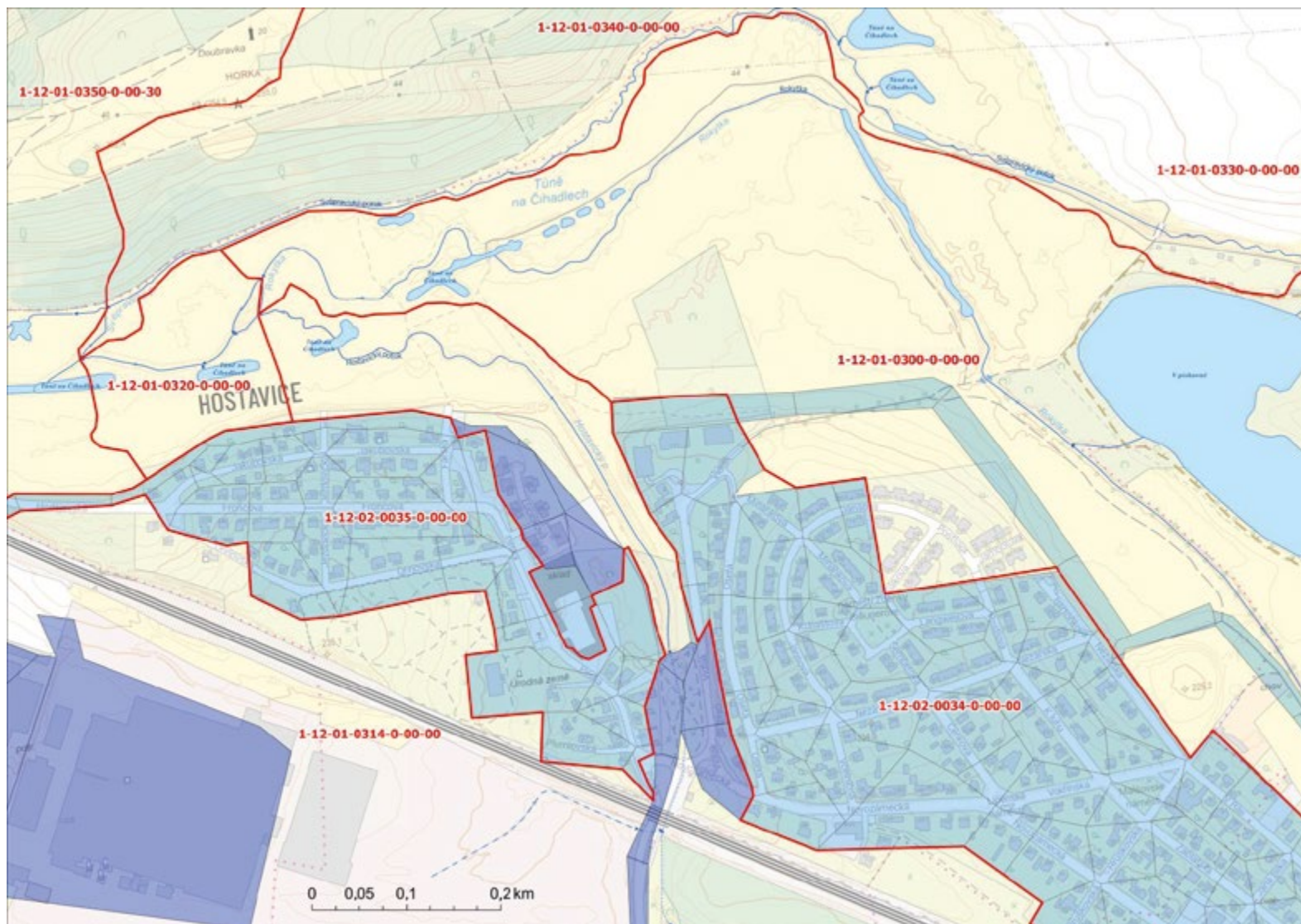
Jedním z hlavních impulzů pro aktualizaci rozvodnic povodí 4. řádu bylo dokončení digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) v Českém úřadu zeměměřickém a katastrálním (ČÚZK). Terén je zpracován v prostorovém rozlišení 2 × 2 m a byl zveřejněn k 30. červnu 2016 [5]. Digitální modely reliéfu slouží v ČHMÚ jako jeden ze stěžejních podkladů při odvozování hydrologických údajů v nepozorovaných profilech na základě fyzikogeografických charakteristik povodí. Aktualizace rozvodnic tak byla zařazena do projektu institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace (DKRVO).

Dalšími nezbytnými podklady jsou informace o strukturálním a geometrickém uspořádání vodních toků. Geometrie vodních toků byla přebírána z dat státního mapového díla ZABAGED[®]. Struktura páteřních vodních toků, tj. definice hlavního toku v daném polygonu povodí 4. řádu, byla převzata ze dvou datových zdrojů, a to z osového modelu říční sítě, tzv. Centrální evidence vodních linií (CEVL) [7], kterou spravují státní podniky Povodí společně s Lesy České republiky (LČR) a Státním pozemkovým úřadem (SPÚ), a dále z úsekového modelu vodních toků DIBAVOD, jenž obsahuje jako jediný model hydrologický identifikátor pořadí vodních toků a který byl použit již při aktualizaci rozvodnic v měřítku 1 : 10 000 [8]. Rozdíly ve struktuře vodních toků dle CEVL a DIBAVOD, resp. ZABAGED[®] jsou navrhovány, připomínkovány a odsouhlasovány v rámci projektu „*Harmonizace páteřních vodních toků ISVS Voda*“ [9]. Schválené změny jsou následně ve zhruba půlročních cyklech zapracovány do datové sady vodních toků ZABAGED[®].

Při aktualizaci rozvodnic byla zároveň použita řada doplňkových datových sad a vrstev. Jednou z nich je ucelená skupina dat vodstva ZABAGED[®], kde jsou např. vodní plochy, propustky nebo bodová vrstva „Uzlový bod říční sítě“, jež má v attributech obsažené informace o křížení, soutocích, pramenech či pseudo-uzlech vodních toků. Využívány byly mapové kompozice ČÚZK s ortofoto snímky a *Základní mapou ČR v měřítku 1 : 10 000* poskytované prostřednictvím webových služeb GIS serveru ČÚZK [10]. Jako podklad byl využit také digitální model povrchu 1. generace (DMP1G) [11].

Důležitou informací bylo atributové rozlišení toků ZABAGED[®], zda se jedná o podzemní, nebo povrchový tok. Rozvodnice byly systematicky upraveny s ohledem na podzemní úseky, kdy může být část páteřního vodního toku v místě soutoků vedena v podzemí a kdy část území nad podzemní částí toku náleží jinému, sousednímu povodí. Při aktualizaci vyplynulo šest kategorií interakce mezi podzemním úsekem a vedením rozvodnice:

- úsek vodního toku v obci,
- úsek vodního toku mimo obec,
- mimoúrovňové křížení,
- krátký úsek toku v tělese hráze, náspu,
- krasová oblast,
- jiné.



Obr. 2. Příklad respektování vymezení území odtoku dešťovou kanalizací v oblasti Prahy-Hostavic a Dolních Počernic při odvození rozvodnic povodí 4. řádu; rozvodnice kopírují území, ze kterého je odtok sváděn do kmenové kanalizační stoky

Fig. 2. Example of respecting the sewer drainage in the Prague-Hostavice and Dolní Počernice location in the derivation of the 4th order watersheds; the drainage divides follow the area from which the outflow is streamed to the rainwater sewerage

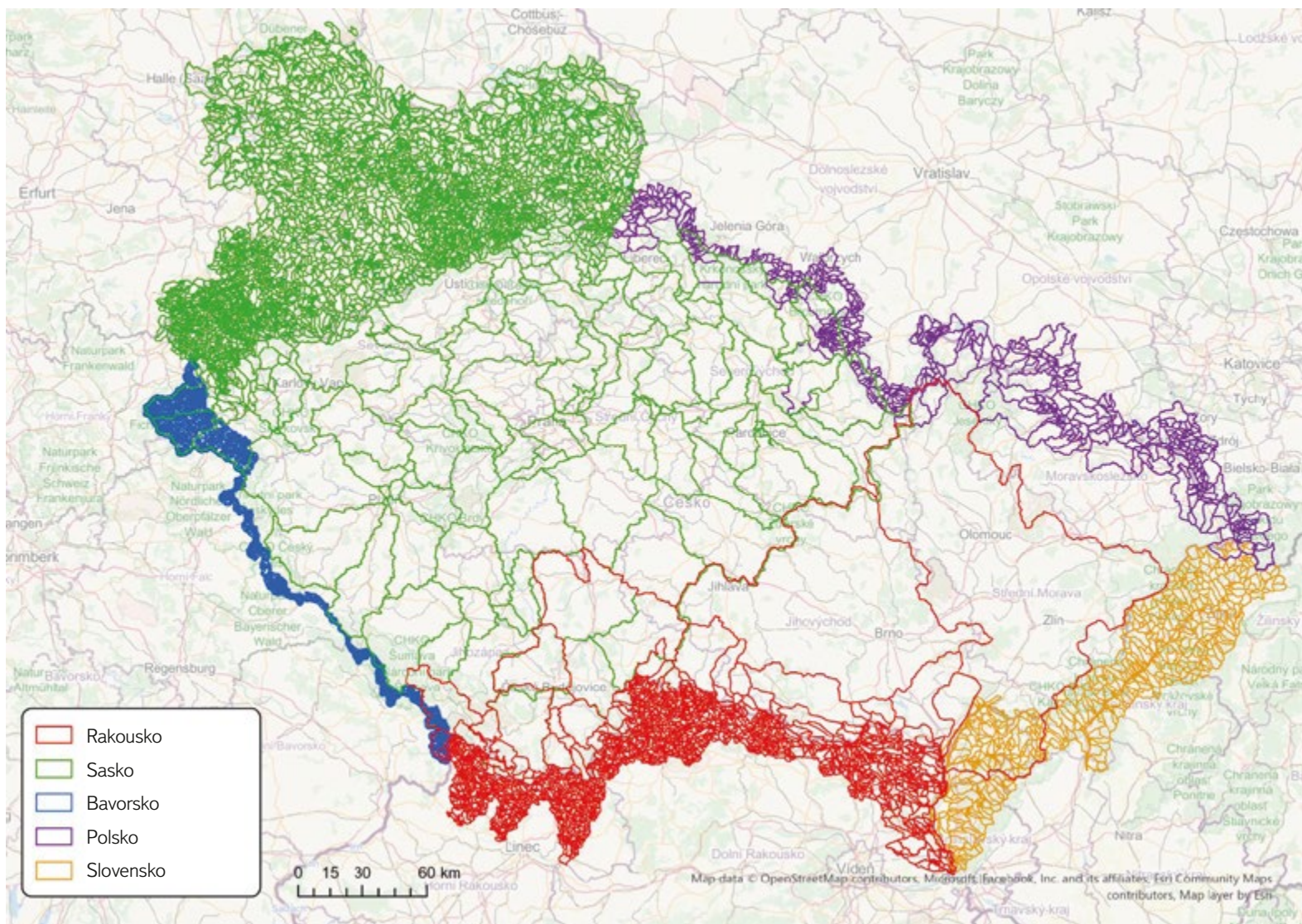
napojení našich rozvodnic ve spolupráci s vybraným zahraničním partnerem, což bylo provedeno s co největším ohledem na zachování vedení poskytnuté zahraniční rozvodnice a současně tak, aby rozvodnice na území ČR co nejvíce odpovídala DMR 5G. Sjednoceny byly též závěrové profily povodí vodních toků tekoucích z ČR za státní hranice.

Zveřejnění nových rozvodnic

Aktualizace probíhala v nejpodrobnější datové sadě rozvodnic povodí 4. řádu, ostatní řády a dílčí povodí jsou následně generovány z této datové sady na základě atributů (číslo hydrologického pořadí/ČHP, příznak dílčího povodí). Atributy povodí 4. řádu obsahují také informace o strukturálním modelu rozvodnic, tzn. údaj o pramenném a následujícím povodí, velikost plochy daného povodí, celkovou plochu povodí od pramene, název hlavního toku v povodí a další.

Aktualizace rozvodnic nad aktuálními a nejpodrobnějšími podklady přinesla oproti rozvodnicím v měřítku 1 : 10 000 zpřesnění vedení hranice mezi dvěma povodími, zejména v nížinných a rovinatých oblastech. Změny v ploše povodí se nejvíce projevují u malých povodí a dílčích mezipovodí, s narůstající celkovou plochou jsou rozdíly mezi starou a novou plochou menší nebo zanedbatelné (pokud nedošlo ke strukturálním změnám vázaným na strukturální změny vodních toků). Samostatně byly vyčleněny plochy bezodtokých území podkrušnohorských hnědouhelných dolů s kvantitativním stanovením převodů vody do okolních přirozených recipientů, což má za následek změnu ve velikosti plochy povodí Ohře, resp. Labe. Podrobnější a detailnější vrstva vodních toků vede v některých případech k dalšímu dělení povodí a vzniku nových ČHP.

Rozvodnice oddělující základní plochy povodí odrážejí situaci za běžného, průměrného odtoku. Během povodňových situací se odvodňovaná plocha může (i výrazně) lišit. Nové rozvodnice jsou k dispozici široké veřejnosti od 1. července 2024 na následující adrese: <https://open-data-chmi.hub.arcgis.com/>.



Obr. 3. Mapa poskytnutých zahraničních rozvodnic

Fig. 3. Map of provided foreign drainage divides

Literatura

- [1] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod. [on-line]. [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-75-1400-751400-225472.html>
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (dále jen vodní zákon). [on-line] [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [3] Vyhláška č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy. [on-line] [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-252>
- [4] HORSKÝ, L. a kol. Hydrologické poměry Československé socialistické republiky. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1965.
- [5] ČÚZK. ZABAGED* – Výškopis – DMR 5G. Digitální model reliéfu České republiky 5. generace v S-JTSK. Bp. 2023. [on-line] [vid. 2. květen 2024]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadatalD=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadatalD=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302)
- [6] ČÚZK. ZABAGED* – dokončení polohového zpřesňování podle LLS. 2019. [on-line] [vid. 2. květen 2024]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(2ycqslvo0lhywfhhc2y0pwy\)\)/Default.aspx?mode=News&head_tab=sekce-02-gp&newsTyp=id&newsID=2900](https://geoportal.cuzk.cz/(S(2ycqslvo0lhywfhhc2y0pwy))/Default.aspx?mode=News&head_tab=sekce-02-gp&newsTyp=id&newsID=2900)
- [7] MŽE. Osy vodních linií [on-line] [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: <https://voda.gov.cz/?page=osy-vodnich-linii>
- [8] FOJTÍK, T., JAŠKOVÁ, L., KURFIŘTOVÁ, J., MAKOVCOVÁ, M., MAŠAŠOVSKÁ, V., MAYER, P., NOVÁKOVÁ, H., ZAVŘELOVÁ, J., ZBORIL, A. 2022. GIS a kartografie ve VÚV TGM. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 64, č. 1, str. 47–52. ISSN 0322-8916.

[9] VÚV TGM. Meziřesortní projekt Harmonizace říční sítě. 2023. [on-line] [vid. 2. květen 2024]. Dostupné z: <https://www.vuv.cz/zpracovani-a-aktualizace-datovych-sad/resene-projekty-zpracovani-a-aktualizace-datovych-sad/meziřesortni-projekt-harmonizace-ricni-site>

[10] ČÚZK. Prohlížeč služby – WMS. 2023. [on-line] [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311](https://geoportal.cuzk.cz/(S(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311)

[11] ČÚZK. ZABAGED* – Výškopis – DMP 1G. Digitální model povrchu České republiky 1. generace v S-JTSK. 2023. [on-line] [vid. 4. červen 2024]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadatalD=CZ-CUZK-DMP1G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=303](https://geoportal.cuzk.cz/(S(g5l4uqholaevwlotiijqjnsk))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadatalD=CZ-CUZK-DMP1G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=303)

Autoři

Ing. Radovan Tyl, Ph.D.
✉ radovan.tyl@chmi.cz
ORCID: 0000-0002-5270-3248

Ing. Petr Šercl, Ph.D.
✉ petr.sercl@chmi.cz
ORCID: 0000-0003-1581-961X

Český hydrometeorologický ústav, Praha

Informativní článek, který nepodléhá recenznímu řízení.

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

NEW DRAINAGE DIVIDES OF THE 1TH TO 4TH ORDER CATCHMENTS

TYL, R.; ŠERCL, P.

Czech Hydrometeorological Institute, Prague

Keywords: drainage divide – DMR 5G – catchment – state geodatabase ZABAGED®

The 5th generation of digital model relief (DMR 5G) and water courses of the state map work ZABAGED® were the necessary, but not the only one, basis for the update of catchment divides, which were done in the CHMI in the years 2018–2023. During the update, data of sewage network in Prague, foreign drainage divides of neighbour countries or the results of the “*Harmonization of main watercourses*” project were used. The chapter also presents the historical overview of watershed delineation in the territory of the Czech Republic, including legislation related to this issue.







Obr. 1. Montreal

Rozvoj spolupráce s Kanadou v oblasti kvality vod

V týdnu od 10. do 16. června 2024 Mgr. Kateřina Sovová, Ph.D., z VÚV TGM a Ing. Pavla Fojtíková, Ph.D., z Jihočeské univerzity navštívily Kanadu v rámci problematiky kvality vod, monitoringu odpadních vod a výzkumu toxicity. Tato akce byla realizována s podporou Ministerstva zahraničních věcí. Jejím hlavním cílem bylo prohloubení spolupráce v oblasti Cíle udržitelného rozvoje OSN číslo 6 (SDG 6).

Kanada se věnuje rozsáhlému výzkumu v oblasti vod ve všech klíčových aspektech. Klade zásadní důraz na udržitelnost, tedy i z pohledu managementu vody a monitoringu kontaminantů, a na podporu původních obyvatel, jejichž komunita se často potýká s omezeným přístupem k čisté a pitné vodě. I proto patří SDG 6 zaměřený na dostupnost vody a sanitačních zařízení a udržitelné hospodaření s nimi mezi priority [2].

Návštěva koordinovaná zastupitelskými úřady z Ottawy a Toronta zahrnovala program v Montrealu a Winnipegu, konkrétně na McGillově univerzitě a Univerzitě v Manitobě.

V Montrealu proběhla návštěva a jednání v rámci Brace Water Centre na McGillově univerzitě. McGillova univerzita je jednou z nejlépe hodnocených a nejkomplexnějších kanadských univerzit s nejintenzivnějším výzkumem. Brace Water Centre sdružuje pracovníky z několika fakult, kteří se zabývají oblastí hospodaření s vodními zdroji, a to jak v Kanadě, tak na mezinárodní úrovni. Součástí návštěvy byla také prohlídka laboratoří Katedry stavebního inženýrství a jednání s profesory Frigonem, Gaskinovou a Loebovou a studenty, kteří představovali svoje výzkumné aktivity v oblastech surveillance odpadních

vod, antimikrobiální rezistence, eliminace As z pitných vod, získání P z kalů, fotokatalytické remediaci a mikrobiálních indikátorů [3].

Přednáška obou výzkumníků na téma kvality vody, odpadní vody a toxicity umožnila sdílet informace o českých klíčových institucích působících v oblasti výzkumu vodního prostředí a výzkumných projektech a umožnila hledat příležitosti pro další spolupráci. Přednáška Mgr. Kateřiny Sovové, Ph.D., se zaměřila na monitorování výskytu infekčních agens prostřednictvím analýzy odpadních vod (včetně monitoringu SARS-CoV-2) a na výskyt antimikrobiální rezistence ve vodním prostředí. Ing. Pavla Fojtíková, Ph.D., informovala o výzkumu z oblasti toxicity a degradace farmaceutik [1–3].

Ve Winnipegu proběhla návštěva místní univerzity. Univerzita v Manitobě je přední výzkumné pracoviště mj. v oblasti vodního prostředí a zemědělství. Tato univerzita je SDG 6 hubem v Severní Americe. V rámci návštěvy proběhla rovněž odborná přednáška českých výzkumníků a kulatý stůl s odborníky zaměřenými na výzkum oblastí SDG 6 (Dr. Sparling, Dr. Uyaguari Diaz, Dr. Klymiuk, Dr. Perry, Dr. Palmer, Dr. Bay, Dr. Becker, Dr. Farenhorst, Dr. Kumar) i návštěva laboratoří v rámci Richardsonova centra pro potravinářské technologie a výzkum, Priceovy fakulty inženýrství a Fakulty přírodních věd. Tam byl představen výzkum týkající se stanovení pesticidů a dalších látek v potravinářských produktech, testování technologií na čištění odpadních vod a odstraňování P a N z kalů, problematiky effluxních pump u acinetobacterů, kvality vody, stanovení vybraných patogenů, genů rezistence, mikrobiálních společenstev a rezistomu v různých typech vod, a to i v souvislosti s původními obyvateli Kanady. Česká delegace



Obr. 2. Návštěva McGillovy univerzity



Obr. 3. Přednáška na McGillově univerzitě



Obr. 4. Seznámení s prací studentů



Obr. 5. Prohlídka laboratoří na McGillově univerzitě



Obr. 6. McGillova univerzita

navštívila také čistírnu odpadních vod ve Winnipegu, v níž probíhá výzkum realizovaný Univerzitou v Manitobě zaměřený zejména na kvalitu vypouštěných odpadních vod [2, 4].

V rámci návštěvy Kanady byly též diskutovány možné příležitosti ke spolupráci, včetně mobility studentů a výzkumníků a možných společných výzkumných projektů. Významnou příležitostí přináší zejména zapojení Kanady do programu Horizon Europe [2].

Literatura

[1] https://ca.linkedin.com/company/embassy-of-the-czech-republic-in-ottawa?trk=public_post_reshare_feed-actor-image

[2] https://mzv.gov.cz/toronto/cz/obchod_a_ekonomika/zpravy/rozvoj_spoluprace_s_kanadou_v_oblasti.html

[3] <https://www.mcgill.ca/brace/>

[4] <https://umanitoba.ca/research/>



Obr. 7. Univerzita v Manitobě

Autorka

Mgr. Kateřina Sovová, Ph.D.

✉ katerina.sovova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Brno

Informativní článek, který nepodléhá recenznímu řízení.

ISSN 0322-8916 © 2024 Autorka. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

Zdroje fotografií:

K. Sovová

E. Libs Bartoňová

J. Kubačka



Obr. 8. Kulatý stůl na Univerzitě v Manitobě



Obr. 9. Prohlídka mikrobiologických laboratoří na Univerzitě v Manitobě



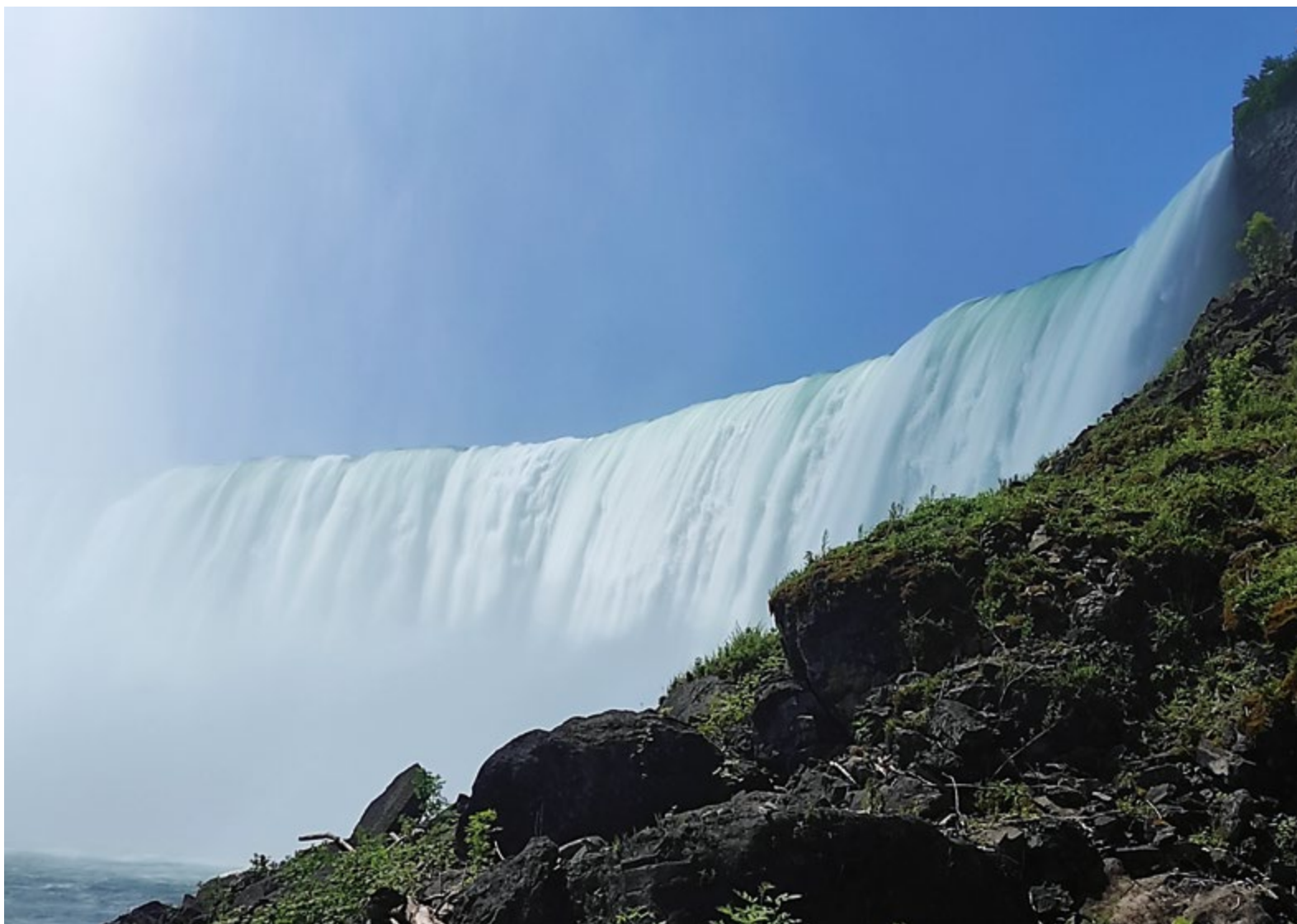
Obr. 10. Prohlídka laboratoří Richardsonova centra pro potravinářské technologie a výzkum



Obr. 11. Winnipeg



Obr. 12. Návštěva ČOV ve Winnipegu (NEWPCC)



Obr. 13. Niagarské vodopády



VTEI/2024/4

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 66



VTEI.cz

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

Redakční rada:

Ing. Libor Ansoerge, Ph.D., 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, PharmD. Markéta Marvanová, Ph.D., BCGP, BCPP, FASCP,
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:

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

Šéfredaktor:

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

Odborné redaktorky:

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

Zdroje fotografií tohoto čísla:

VÚV TGM, 123RF.com, doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D., Mgr. Kateřina Sovová, Ph.D.,
Eva Libs Bartoňová, Jan Kubačka, archiv MZe, umělá inteligence

Grafická úprava, sazba, tisk:

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

Náklad 400 ks. Časopis VTEI vychází od roku 2022 v anglické mutaci,
která je k dispozici na <https://www.vtei.cz/en/>

Příští číslo časopisu vyjde v říjnu. Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz

CC BY-NC 4.0

ISSN 0322-8916

ISSN 1805-6555 (on-line)

MK ČR E 6365



VIDNAVSKÉ MOKŘINY

Chráněná přírodní rezervace Vidnavské mokřiny vzniklá na jílovitých sedimentech řeky Vidnávky tvoří se svou nadmořskou výškou 222 m n. m. nejnižší bod okresu Jeseník. Nalezneme ji severně od zčásti už zmizelé obce Vidnava (Weidenau) u státních hranic s Polskem. Celé území Javornicka představuje spolu s východněji situovaným Osoblažskem krajinu postiženou postupným snižováním počtu obyvatel, jež často vedlo až k úplnému zániku obcí. V bezprostředním okolí Vidnavy jde např. o již zcela opuštěnou osadu Johanka nebo zámek Horní Heřmanice. Přes všudypřítomnou melancholickou náladu této krajiny tu však můžeme nalézt mnoho krásných a hodnotných míst z přírodovědného i vlastivědného hlediska. Na Vidnavských mokřinách se setkáme s velkým počtem zajímavých a chráněných druhů zvířat a rostlin. Mezi vzácné druhy vodních rostlin patří třeba vachta třílistá, žebratka bahenní, dáblík bahenní a rosnatka okrouhlolistá. Ze vzácných druhů zvířat zde můžeme pozorovat sovu pálenou, orla křiklavého, jeřába popelavého nebo kuňku žlutobřichou. Z ryb tady přežívá mnoho původních druhů, např. kapr, karas, štika, okoun a cejn. Už jen tato pestrá druhová skladba opětovně poukazuje na význam akvatických a semiakvatických biotopů v krajině z hlediska biodiverzity a ekologické stability. Usadíme-li se během letního dne pod klenbu stromů na břehu, postupně na nás začne působit zvláštní klid této krajiny a genius loci Jesenicka a Javornicka.

Text a fotografii dodal doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D.

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

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz