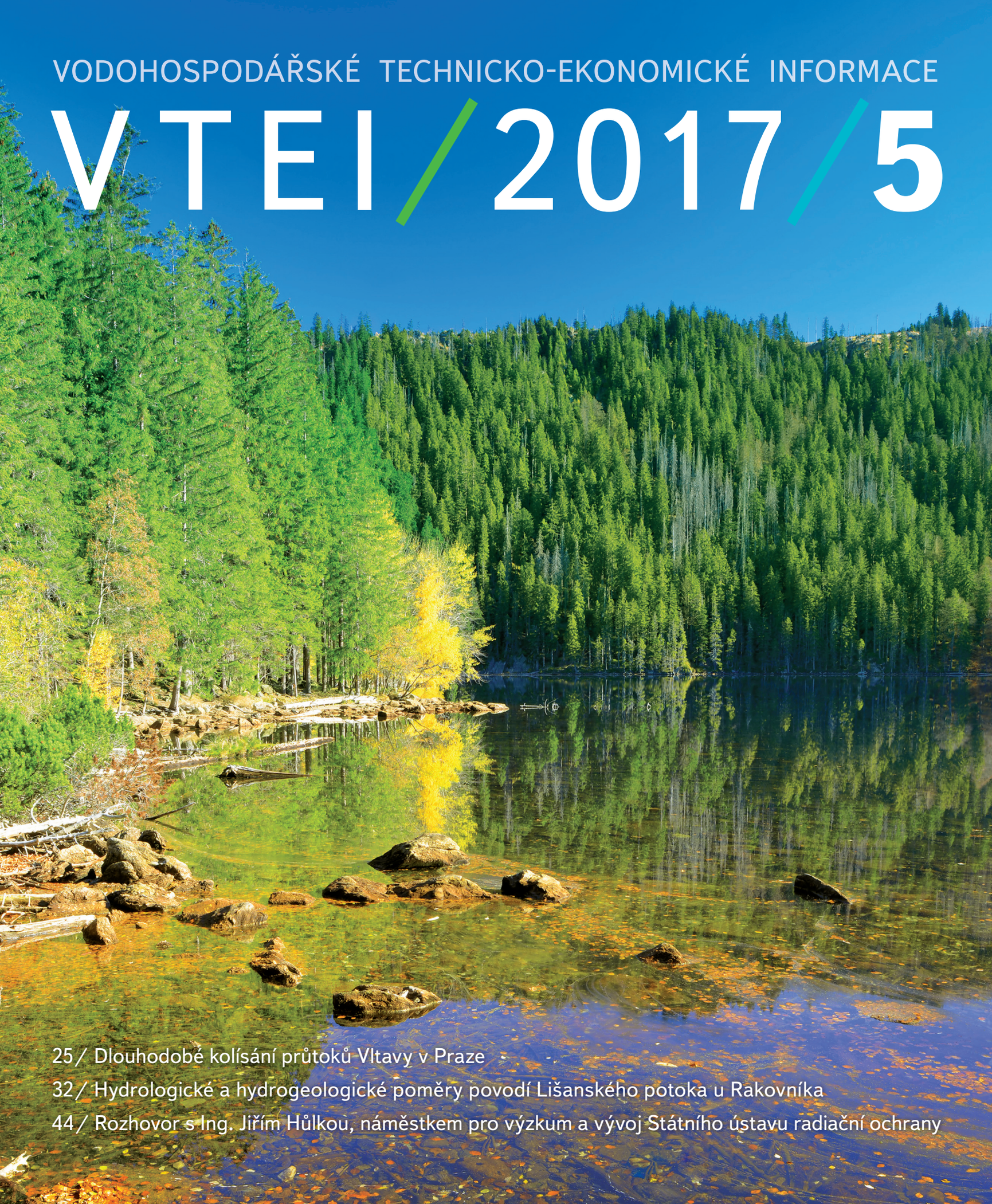
VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI/2017/5



25/ Dlouhodobé kolísání průtoků Vltavy v Praze
32/ Hydrologické a hydrogeologické poměry povodí Lišanského potoka u Rakovníka
44/ Rozhovor s Ing. Jiřím Hůlkou, náměstkem pro výzkum a vývoj Státního ústavu radiační ochrany

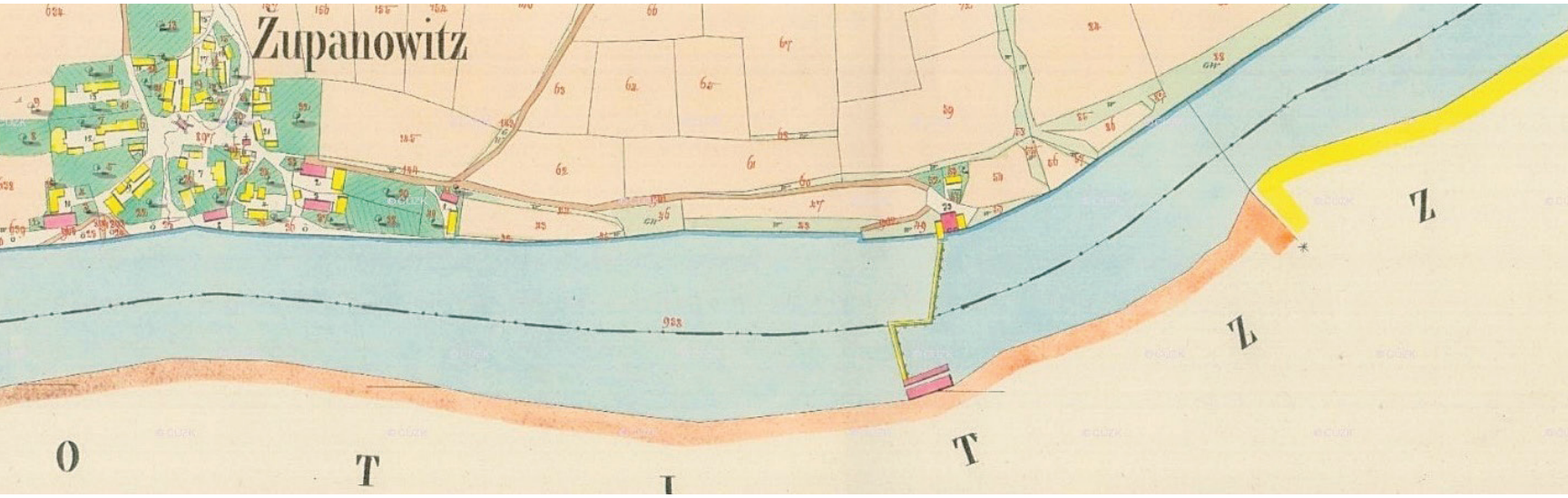
V letošním roce uplynulo 250 let od úmrtí stavitele první plavební komory v Čechách

Jan (Johann) Ferdinand Schor (1686–1767) byl rakouským malířem, architektem a inženýrem, který se sice narodil v Innsbrucku, působil však po většinu svého života v Čechách, kde i v roce 1767 v Praze zemřel. V roce 1725 byl nejprve jmenován suplujícím, v roce 1731 pak řádným, profesorem na stavovské inženýrské škole v Praze, kde se vyučovala geometrie, mechanika a projektování jak fortifikačních, tak též vodních staveb.

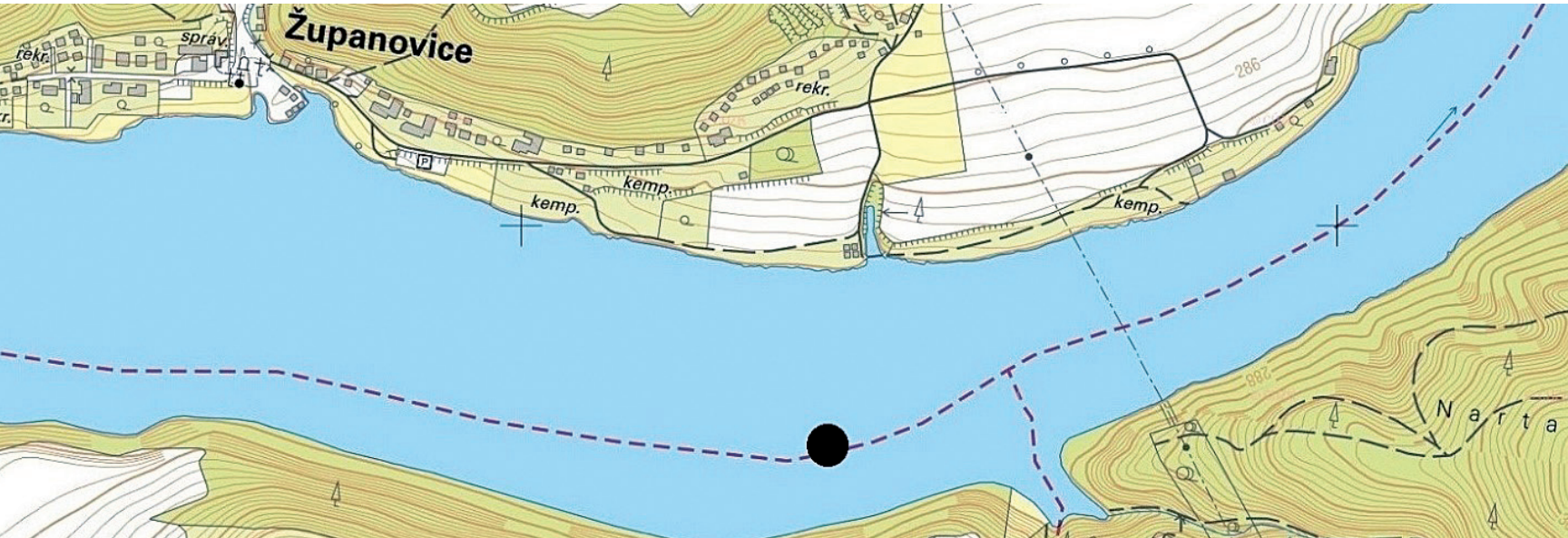
V rámci realizace tzv. třetích splavňovacích prací na střední Vltavě, které byly zahájeny v roce 1725, došlo rovněž k vybudování plavební komory z místní žuly v Županovicích. Práce plně řídil J. F. Schor – délka komory činila 26,6 m, šířka pak pouze 4,7 m. První loď s nákladem 125 soudků soli proplula touto komorou již 28. 8. 1729. Tato významná technická památka se bohužel v současnosti nachází přibližně v hloubce 20 metrů pod hladinou Slapské přehrady. Mohou si ji prohlédnout výhradně profesionální potápěči (s ohledem na průhlednost vody jen s vodovzdorným osvětlením).

Ing. Arnošt Kult

Vltava u Županovic s plavební komorou na pravém břehu v roce 1839 (zdroj: www.geoportal.cuzk.cz)



Vltava u Županovic se zatopenou plavební komorou v současnosti (zdroj: www.geoportal.cuzk.cz)



Obsah

3 Úvod

4 Kolmatace umělých mokřadů
Eva Mlejnská

14 Nutrienty ve vodách povodí Mostiště
Stanislav Juráň

18 Možnosti extrapolace digitálního modelu terénu z rastru DMR 5G
Martin Caletka

25 Dlouhodobé kolísání průtoků Vltavy v Praze
Ladislav Kašpárek

32 Hydrologické a hydrogeologické poměry povodí Lišanského potoka u Rakovníka
Jan Kašpárek

37 Specialista vzorkování vod a požadavky na jeho odbornou způsobilost
Jiří Kučera, Jana Čapková, Alžběta Petránová, Petr A. Skřehot, Marcela Skřehotová

43 Autoři

44 Rozhovor s Ing. Jiřím Hůlkou, náměstkem Státního ústavu radiační ochrany, v. v. i., v oblasti výzkumu a vývoje
Diana Marešová

47 Diplom akademika Theodora Ježdíka
Václav Bečvář

49 Zápis z jednání valné hromady ČVTVHS, z. s.
Václav Bečvář

50 Obsah časopisu VTEI — ročník 2016

Vážené kolegyně a kolegové, vážení čtenáři,

je to naposled, co píši tento úvodník. V souvislosti s ukončením mého působení ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., končí i moje působení ve funkci šéfredaktora našeho časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace – VTEI. Změny, kterými si toto periodikum prošlo, jsem komentoval v předchozích vydaných číslech a věřím, že se tyto změny nezastaví a že VTEI bude stále rozšiřovat svůj okruh čtenářů i autorů.

Chtěl bych Vám všem popřát hodně úspěchů ve Vašem pracovním i osobním životě a v prezentování výsledků Vaší odborné práce v tomto časopisu. Děkuji Vám a doufám, že budeme mít možnost se i nadále potkávat na odborných fórech i při spolupráci v rámci mého nového působiště.

Mgr. Mark Rieder
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Přítoková zóna kolmatovaného kořenového pole v Bezděkově pod Třemšínem

Kolmatace umělých mokřadů

EVA MLEJNSKÁ

Klíčová slova: kolmatace — umělé mokřady — účinnost čištění — zatížení

SOUHRN

Kolmatace je zcela přirozeným jevem, ale v umělých mokřadech využívaných k čištění a dočišťování odpadních vod je jevem nežádoucím. Proto je nutné při návrhu a provozování umělých mokřadů dodržovat zásady, které mohou vznik a rozvoj kolmatace významně omezit. Patří mezi ně zejména dostatečné dimenzování a správné provozování mechanického předčištění, vhodná volba zrnitosti filtrační náplně umělého mokřadu, látkové a hydraulické zatěžování, provozní podmínky. Pokud ke kolmataci dojde a její rozsah ovlivňuje účinnost čištění nebo množství vyčištěné odpadní vody, je třeba přistoupit k výměně nebo regeneraci filtrační náplně umělého mokřadu. Článek shrnuje zkušenosti s in-situ aplikací bakteriálně-enzymatického preparátu do zakolmatovaného kořenového pole.

ÚVOD

V kořenových čistírnách (horizontálně nebo vertikálně podpovrchově protékaných umělých mokřadech), které jsou v malých obcích poměrně běžně využívanou technologií čištění odpadních vod, probíhá celá řada procesů spojených nejen s vlastním čištěním, ale také s kolmatací. Kolmatace je na rozdíl od čisticích procesů jevem nežádoucím. Jde o souhrn fyzikálních, chemických a biologických procesů, které vedou ke snižování porozity a propustnosti (hydraulické vodivosti) náplně umělého mokřadu [1–6], dále významně ovlivňují přenos kyslíku ze vzduchu do vody [7–9]. Tyto skutečnosti mají za následek snižování účinnosti čištění, tedy významný pokles schopnosti systému čistit odpadní vodu.

Dochází ke snížení množství dostupné filtrační náplně, zvýšení rychlosti proudění a snížení doby zdržení čištěné odpadní vody v systému a velice často také k povrchovému a zkratovému proudění [10].

U umělých mokřadů mluvíme zejména o kolmataci náplně nerozpuštěnými látkami, především jemnými minerálními a organickými částicemi z povrchových smyvů, kalem vyplavovaným ze stokové sítě a mechanického stupně čištění. Dalšími příčinami mohou být nevhodně řešené dešťové oddělovače, nevhodně zvolený (většinou příliš jemný) materiál filtrační vrstvy nebo pronikání sekundárního znečištění z předřazené biologické nádrže, zejména v letním období [11]. Rozsah kolmatace závisí na množství látek (vyjádřeno ukazateli $CHSK_{Cr}$, nerozpuštěné látky) v přitékající odpadní vodě [2], hydraulickém zatížení umělého mokřadu [3], zrnitostním složením náplně, jeho struktuře a textuře, době provozu zařízení atd.

Ke kolmataci filtračního prostředí může dojít buď nárazovým uvolněním těchto částic, např. při přívalových deštích nebo významnějších srážkových událostech, dále potom hydraulickým přetěžováním umělých mokřadů [12] nebo pozvolným zakolmatováním, které způsobuje především nevhodná konstrukce usazovacích nádrží nebo jejich nesprávné provozování a údržba, např. nedostatečné průběžné vyvážení usazeného kalu [13]. Příčinou může být i nevhodně zvolený materiál filtrační náplně umělého mokřadu nebo jeho nevhodná zrnitost.

Kolmatace může vznikat i tzv. interními zdroji, kterými jsou odpad z růstu biomasy, kořenů rostlin, dále potom detrit z biofilmu a rostlin, pevné látky zanešené během výstavby umělého mokřadu nebo pevné látky z chemické eroze štěrku [14].

VLIV MECHANICKÉHO PŘEDČIŠTĚNÍ

Kolmataci je možné omezit především volbou vhodného a dostatečně dimenzovaného mechanického předčištění, zejména pak usazovací nádrže. Kalový prostor usazovacích nádrží a lapáků písku je nezbytně nutné dostatečně často vyvážet. Zhoršení usazovací schopnosti je možné monitorovat zvyšujícími se koncentracemi nerozpuštěných látek na odtoku ze stupně mechanického předčištění.

VLIV ZATÍŽENÍ

Literární data týkající se látkového zatížení jsou vzácně ve shodě. Autoři Platzer a Mauch [15] uvádějí jako prevenci vzniku kolmatace v klimatických podmínkách střední Evropy maximální zatížení (vyjádřeno ukazatelem $CHSK_{Cr}$) 25 g/(m^2.den). Systémy mohou být zatěžovány i více, pokud jsou provozovány s využitím cyklů (přerušovaný provoz). Autoři Winter a Goetz [2] uvádějí, že zatížení $CHSK_{Cr}$ a nerozpuštěnými látkami by v klimatických podmínkách střední Evropy nemělo překročit 20 g/(m^2.den), resp. 5 g/(m^2.den). Autoři Hua a kol. [16] uvádějí, že pro vertikálně protékané umělé mokřady by koncentrace nerozpuštěných látek neměla překročit hodnotu 100 mg/l a maximální zatížení hodnotu 5 g/(m^2.den), resp. 20 g/(m^2.den), vyjádřeno ukazatelem $CHSK_{Cr}$. Autorky Tuszyńska a Obarska-Pempkowiak [17] uvádějí, že maximální látkové zatížení (vyjádřeno ukazatelem $CHSK_{Cr}$), které ještě nezpůsobí kolmataci v klimatických podmínkách střední Evropy, je 25 g/(m^2.den).

Tendence ke kolmataci koreluje s celkovou koncentrací nerozpuštěných látek v přitékající odpadní vodě. Nezakolmatované umělé mokřady jsou charakterizovány nízkým látkovým zatížením a nízkými vstupními koncentracemi nerozpuštěných látek, částečně kolmatované nízkým látkovým zatížením a vyššími vstupními koncentracemi nerozpuštěných látek, kolmatované potom vysokým látkovým zatížením a vysokými vstupními koncentracemi nerozpuštěných látek. Z toho plyne, že je nutné umělé mokřady co nejlépe chránit před nerozpuštěnými látkami.

VLIV VEGETACE

Podle našich zkušeností je ukládání stařiny mokřadní vegetace závažným problémem. Po několika letech provozu může mocnost takto vytvořené vrstvy dosáhnout až 20 cm. Uložený materiál se postupně rozkládá a přispívá ke kolmataci filtrační náplně. Proto je důležité důkladně z povrchu osázeného umělého mokřadu odstraňovat stařinu mokřadní vegetace [18]. Žádoucí je pravidelné časně jarní odstraňování zbytků vegetačního pokryvu [19].

VLIV FILTRAČNÍ NÁPLNĚ

Filtrační náplň je jednou ze tří základních součástí umělého mokřadu a její výběr je pro jeho správnou funkci zásadní. Vlastnosti filtračních materiálů, zejména hydraulická vodivost, se během provozu mění. Propustnost filtrační náplně je ovlivňována zhutněním (údržba, přirozené sesedání), prorůstáním kořeny a ukládáním stařiny mokřadní vegetace, kolmatací volných pórů nerozpuštěnými látkami apod. [20]. Nevhodně zvolená frakce kameniva v nátokové zóně může mít spolu s dalšími faktory za následek vznik a rozvoj kolmatace. Vzhledem k tomu, že i vlastní filtrační náplň může přispívat k rozvoji kolmatace, doporučuje se používat zrnité materiály, které jsou čisté, s nízkým obsahem vápence nebo rozložitelných minerálních látek. K hlavním opatřením, která významně omezují rozsah a průběh kolmatace, patří navrhování postupného přechodu zrnitostního složení filtrační náplně [19].

VLIV PROVOZNÍCH PODMÍNEK

Vedle volby vhodné filtrační náplně a hydraulického a látkového zatížení může průběh kolmatace významně ovlivnit i dávkovací strategie a také rovnoměrné rozdělení mechanicky předčištěné odpadní vody po celé šíři filtračního pole [19]. Autoři Zhao a kol. [21] zjistili sledováním sta umělých mokřadů, že rychlost infiltrace lze vrátit na téměř původní úroveň, pokud jsou přijata vhodná provozní nastavení, tzn. plnění a klidové periody kořenových polí. Akumulované organické látky jsou pak efektivněji rozkládány mikroorganismy.

VLIV TEPLOTY

Dalším z parametrů ovlivňujících kolmataci je teplota. Vyšší teploty souvisí s vyšší biologickou aktivitou a vyššími růstovými rychlostmi, to vede k rychlejšímu odbourávání organických látek akumulovaných v pórech, ale na druhou stranu jsou póry zaplňovány vyšším přírůstkem biomasy.

DŮSLEDKY KOLMATACE

Kolmatace je doprovázena nejen zhoršením účinnosti čištění, ale také hydraulickými poruchami, jako je zaplavování povrchu filtračních polí odpadní vodou, tzn. preferenčním tokem odpadní vody po povrchu umělého mokřadu, nebo vznikem zkratového proudění nevyčištěné odpadní vody filtrační náplní [5, 14]. Zaplavování povrchu má za následek zvyšování zápachu v okolí umělého mokřadu, dále možnost kontaktu osob s odpadní vodou a v neposlední řadě také možnost zvýšeného výskytu komárů [13]. Zkratové proudění nepříznivě ovlivňuje účinnost čištění, protože významně snižuje dobu zdržení odpadní vody v systému. Pokud je kolmatace filtrační náplně umělého mokřadu rozsáhlá, ovlivňuje účinnost čištění, případně množství vyčištěné odpadní vody, je třeba hledat metody, jak kolmataci odstranit nebo alespoň omezit.

METODY ODSTRANĚNÍ KOLMATACE

Pokud dostatečně nefungují přijatá preventivní opatření, která zahrnují využití dostatečně dimenzované usazovací nádrže, správné provozování mechanického předčištění, nastavení co nejvhodnějších zatěžovacích parametrů a vhodných změn v hydraulickém zatížení (přerušovaný provoz, promývání, obrácený směr toku odpadní vody apod.), a dojde k částečné nebo úplné kolmataci filtrační náplně umělého mokřadu, je třeba přikročit k nápravným opatřením [16, 22]. V současné době je známo několik metod revitalizace ucpaných filtračních náplní, některé z nich ale prozatím nebyly testovány v reálném měřítku a jsou spíše teoretickými možnostmi.

V minulosti se nejčastěji používala výměna části nebo celé filtrační náplně. Výměna filtrační náplně spočívá v odstranění kolmatované části nebo celé filtrační náplně a její nahrazení novým praným kamenivem nebo jinou vhodnou náplní stejných nebo upravených frakcí. V případě výměny části filtrační náplně je třeba před realizací vyhodnotit rozsah kolmatace a určit část filtrační náplně nutné k výměně.

Další možností je regenerace stávající filtrační náplně. V podstatě existují tři možné způsoby regenerace filtračních náplní umělých mokřadů:

- odstraňování usazeného kalu ze zakolmatované filtrační náplně proplachováním, bakteriálním rozkladem, chemickým rozkladem apod. – tyto procesy se provádějí přímo v umělém mokřadu, odstávka regenerované části umělého mokřadu není dlouhodobá;
- vytěžení zakolmatované filtrační náplně, její ponechání v tenké vrstvě přes zimní období na zpevněné ploše odvodněné přes lapák písku a vyplavení kalových částic deštěm a následně vodou – provádí se mimo umělý mokřad, je třeba mít k dispozici zpevněnou plochu, odstávka je dlouhodobější;
- vytěžení zakolmatované filtrační náplně a její následná regenerace ve speciálních pračkách – provádí se mimo umělý mokřad, pračky kameniva u nás zatím nejsou běžně používanou technologií, navíc zde nastává problém, jak naložit se znečištěnou prací vodou.

Všechny tyto možnosti regenerace filtrační náplně vyžadují uzpůsobené uspořádání umělého mokřadu umožňující čistit v období regenerace odpadní vodu v jiné části umělého mokřadu, tedy např. paralelní zapojení kořenových polí nebo bypass v sériovém zapojení kořenových polí.

Všechny tyto metody jsou vysoce účinné, ale zejména varianty (2) a (3) jsou spojeny se značnými finančními náklady. Autor Kršňák [23] uvádí, že varianta vyprání štěrkové náplně je oproti úplné výměně nebo metodě vymrznutí finančně nejdostupnější. Ale je třeba brát v úvahu fakt, že dochází k vyřazení umělého mokřadu z provozu mnohdy i na několik měsíců.

Vzhledem ke skutečnosti, že je výměna nebo regenerace filtrační náplně značně nákladná, je nutné hledat jednodušší a levnější metody odstranění kolmatace. Autoři Li a kol. [9] poukazují na možnost využití žížal (*Eisenia foetida, Pheretima guillelmi*). Ty mohou pomoci nejen uvolnit substrát, ale také odstranit nahromaděné organické látky. Výzkum ukázal, že použití druhu *Eisenia foetida* je vhodnější, protože množství nahromaděných nerozpuštěných organických látek kleslo o 90 %, z toho bylo 40 % přeměněno na rozpuštěné organické látky a 50 % na rozpuštěné anorganické látky. Tato metoda je však spíše alternativní než prakticky využitelná v masovém měřítku.

Obr. 1. Pohled na levé kořenové pole čistírny Bezděkov pod Třemšínem a letecký pohled na celou kořenovou čistírnu

Fig. 1. View on the left part of the constructed wetland of Bezděkov pod Třemšínem wastewater treatment plant and air view on the whole constructed wetland

Jako další alternativní metoda regenerace filtračního lože se v poslední době zkouší in-situ aplikace různých druhů přípravků, které by účinně odstranily nakumulované nerozpuštěné látky a uvolnily filtrační lože bez nutnosti jeho mechanického čištění. Autoři Nivala a Rousseau [24] popisují dvě případové studie regenerace filtračního lože kořenových čistíren za použití 35% roztoku peroxidu vodíku, který je schopen oxidovat jinak biologicky neodbouratelné části biofilmu, které mohou tvořit více než 60 až 75 % váhy biomasy ve filtrační náplni. Výsledky výzkumu ukazují, že se regenerace filtrační náplně peroxidem vodíku zdá být nadějnou cestou k odstranění kolmatace v podpovrchově protékaných umělých mokřadech.

Autoři Hua a kol. [16] se experimentálně zabývali možnostmi odstranění usazených nerozpuštěných látek z filtračního lože kořenové čistírny za pomoci dávkování čtyř různých roztoků, a to konkrétně roztoku hydroxidu sodného (NaOH), chlornanu sodného (NaClO), kyseliny chlorovodíkové (HCl) a speciálně připraveného detergentu. Efektivní porozita i infiltrační rychlost se nejrychleji a nejvíce zlepšovala při použití roztoku chlornanu sodného. Při použití vodovodní vody (srovnávací roztok) se efektivní porozita téměř neměnila a rychlost infiltrace jen velmi nepatrně stoupala. Proteiny a polysacharidy byly rozpuštěny hlavně roztokem hydroxidu a chlornanu sodného a anaerobně vytvořený plyn uložený v pórech byl uvolněn roztokem kyseliny chlorovodíkové.

Obě tyto studie sice prokázaly dobrou účinnost in-situ regenerace zakolmatovaného filtračního lože aplikací výše uvedených přípravků, na druhé straně došlo jejich vlivem k dočasnému poškození biofilmu a také kořenů mokřadní vegetace. Autoři uvádějí, že po aplikaci těchto přípravků následovalo období cca 1 měsíce regenerace biofilmu filtračního lože.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, v posledních letech testuje možnosti využití in-situ aplikace směsí bakteriálně enzymatických přípravků do kolmatovaných zemních filtrů [25] a kořenových čistíren.

TESTOVACÍ LOKALITA

K testování in-situ aplikace bakteriálně enzymatického preparátu byla vybrána kořenová čistírna Bezděkov pod Třemšínem (*obr. 1*). Jedná se o obecní kořenovou čistírnu odpadních vod s kapacitou 150 EO, která se skládá z česlí, lapáku písku, štěrbinové usazovací nádrže objemu 39 m^3 a dvou paralelně zapojených, horizontálně podpovrchově protékaných kořenových polí s celkovou plochou cca 790 m^2. Porost kořenových polí tvoří rákos obecný, který je sečen jednou ročně. Kanalizace přivádějící odpadní vodu je oddílná. Do trvalého provozu byla tato kořenová čistírna uvedena v listopadu roku 2004. Jako náplň je použito jemné drcené kamenivo.

Vlastní aplikace preparátu probíhala ve dvou fázích, a to od 22. 5. 2013 do 10. 7. 2013 (8 týdnů) a od 3. 6. 2014 do 22. 7. 2014 (8 týdnů). Po dobu odstávky pravého kořenového pole byla veškerá odpadní voda čištěna na paralelním (levém) kořenovém poli, kvalita odtékající vyčištěné odpadní vody byla pravidelně kontrolována. Stejně tak před započetím vlastního experimentu a po jeho ukončení probíhalo pravidelné sledování vybraných parametrů na přítoku, za mechanickým předčištěním a na odtoku z jednotlivých kořenových polí. Kořenové pole, do kterého probíhalo dávkování preparátu, zůstalo po dobu experimentu zatopeno, pouze byl zastaven průtok odpadní vody.

V roce 2013 probíhal experiment následovně: v den zahájení experimentu bylo vybrané kořenové pole odstaveno z provozu, preparát byl dávkován v předem určených termínech do několika míst přítokové zóny (ve vzdálenosti cca 1,5 metru od začátku kořenového pole). Preparát byl před vlastní aplikací aktivován rozpuštěním v odpadní vodě odebrané za mechanickým předčištěním. Aplikován byl na povrch kořenového pole. Celkem proběhlo 6 aplikací preparátu (2 kg 22. 5. 2013, 1 kg 29. 5. 2013, nic 5. 6. 2013, 1 kg 12. 6. 2013, nic 19. 6. 2013, 1 kg 26. 6. 2013, 1 kg 3. 7. 2013, 1 kg 10. 7. 2013). Devátý týden experimentu bylo odstavené kořenové pole uvedeno do provozu.

V roce 2014 probíhal experiment následovně: před vlastním odstavením pravého kořenového pole z provozu a aplikací preparátu proběhlo očištění části povrchu přítokové zóny od stařiny (*obr. 2*) a nashromážděného organického materiálu, aby mohlo dojít k porovnání mezi částí kořenového pole bez stařiny a se stařinou. Čištění probíhalo, s ohledem na množství stařiny a náročnost jejího odstranění, ve dvou fázích a s týdenním krokem, po dalších 14 dnech byla

Obr. 2. Pohled na přítokovou zónu pravého kořenového pole očištěnou od stařiny a usazeného kalu

Fig. 2. View on the inflow zone of the right part of the constructed wetland cleared from the old vegetation and settled sludge

Obr. 3. Pohled na očištěnou část pravého kořenového pole po 14 dnech

Fig. 3. View on the cleared sector of the right part of the constructed wetland

odklizená část nalezena zatopená čištěnou odpadní vodou (*obr. 3*). Zatopení odklizené části bylo způsobeno nevhodným nastavením výšky hladiny v kořenovém poli, která je regulována prostřednictvím odtokové roury. V den zahájení experimentu (3. 6. 2014) bylo vybrané kořenové pole odstaveno z provozu, preparát byl dávkován v předem určených termínech do několika míst přítokové zóny (ve vzdálenosti cca 1,5 m od začátku kořenového pole). Preparát byl před vlastní aplikací aktivován rozpuštěním v odpadní vodě odebrané za mechanickým předčištěním. Aplikován byl na povrch kořenového pole. Celkem proběhlo 8 aplikací preparátu (2 kg 3. 6. 2014, 1 kg 10. 6. 2014, 1 kg 17. 6. 2014, 1 kg 24. 6. 2014, 0,5 kg 1. 7. 2014, 0,5 kg 8. 7. 2014, 0,5 kg 15. 7. 2014, 5 kg 22. 7. 2014), po znovuuvedení kořenového pole do provozu byl preparát dále dávkován do rozdělovací šachtice za mechanické předčištění (0,5 kg 29. 7. 2014 a 0,5 kg 5. 8. 2014).

V tomto článku není podrobněji diskutováno složení preparátu, které je obchodním tajemstvím výrobce. Lze pouze konstatovat, že se jedná o speciálně komerčně připravenou směs bakterií a enzymů.

S ohledem na nemožnost přesného měření průtoku na odtoku z jednotlivých kořenových polí bylo měření prováděno pouze orientačně. Průtok pravým a levým kořenovým polem byl zpravidla velice podobný a pohyboval se většinou v rozmezí od 0,5 do 1 l/s.

VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ

Cílem experimentu bylo ověřit, jestli může dávkování preparátu účinně snížit míru kolmatace umělého mokřadu, a tím zvýšit jeho průchodnost a účinnost čištění, a dále ověřit, jestli nedojde ke snížení účinnosti čištění kořenového pole, přes které je během experimentu převáděna veškerá čištěná odpadní voda.

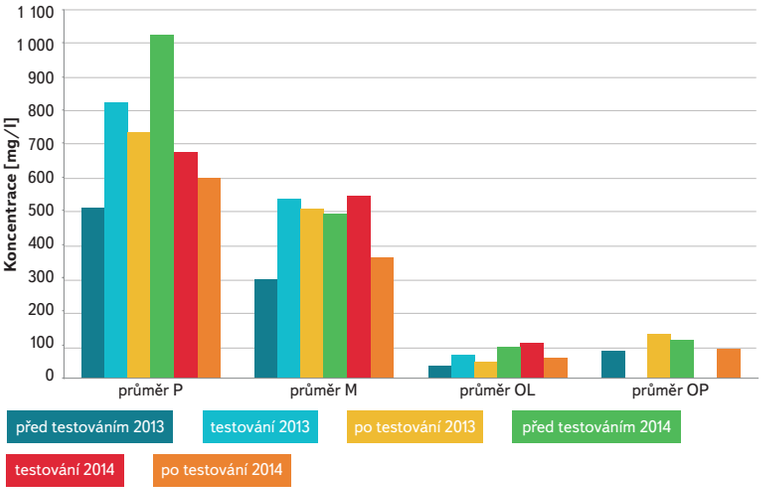
Pravé kořenové pole bylo k testování vybráno na základě vlastního pozorování a doporučení provozovatele. V přítokové části kořenového pole a pak dále až do cca poloviny kořenového pole byla na povrchu velká vrstva usazeného materiálu (až 20 cm stařiny mokřadní vegetace, usazeného kalu), docházelo k zaplavování přední části kořenového pole a rovněž účinnost čištění byla nižší, než jaké dosahovalo levé kořenové pole, a to i přes to, že byl průtok oběma poli velice podobný. Přes levé kořenové pole protékala v průběhu vlastního experimentu veškerá čištěná odpadní voda, ale i přes tuto skutečnost nedošlo k významnému poklesu účinnosti čištění, resp. k významnému zvýšení koncentrací sledovaných látek na odtoku z něj (*tabulka 1*).

Je třeba říci, že umělé mokřady jsou primárně určeny k odstraňování organického znečištění, nejsou určeny k odstraňování dusíku a fosforu. Účinnost čištění levého kořenového pole byla ve všech fázích experimentu zejména pro parametr nerozpuštěné látky velmi vysoká, odtokové koncentrace nerozpuštěných látek byly většinou velmi nízké, a to i v období, kdy levé kořenové pole čistilo veškerou přitékající odpadní vodu. Pouze v jednom případě byla u levého kořenového pole zjištěna odtoková koncentrace nerozpuštěných látek 43 mg/l, naopak v 16 případech byla naměřena koncentrace < 2 mg/l. Velice zajímavé jsou i průměrné účinnosti čištění celkového dusíku v levém kořenovém poli, které se pohybovaly od 48,07 % do 82,74 %. U pravého kořenového pole byly průměrné účinnosti čištění pro celkový dusík podstatně nižší, pohybovaly se od 19,71 % do 46,91 %, aplikace preparátu neměla na účinnost čištění celkového dusíku pozitivní vliv, stejně tak tomu bylo u celkového fosforu, kde jsou navíc účinnosti čištění velice rozkolísané.

Během testování v roce 2013 došlo k výraznému nárůstu koncentrací sledovaných látek na přítoku, nejméně u $CHSK_{Cr}$ – v průměru o cca 66 % a nejvíce u P_c – v průměru o cca 134 %. Podrobněji je kolísání koncentrací vybraných parametrů v různých fázích experimentu patrné z grafů na *obr. 4, 5* a *6*.

K vyhodnocení experimentu byly odebírány dvouhodinové směsné vzorky, v období před testováním 2013 bylo odebráno 8 vzorků, během testování 2013 6 vzorků, po testování 2013 6 vzorků, před testováním 2014 4 vzorky, během testování 2014 9 vzorků a po testování 2014 7 vzorků. Čistírna byla navštěvována v dopoledních i odpoledních hodinách, aby bylo alespoň částečně podchyceno kolísání průtoku a znečištění během dne.

Aby bylo možné vyhodnotit množství kolmatačního materiálu, byly odebírány vzorky kameniva. K odběru byl použit vrták, který se běžně používá k odběru vzorků zemin. Odebraný vzorek, který obsahoval kamenivo, stařinu rákosu a vlastní kolmatační materiál, byl několikrát důkladně propláchnut destilovanou vodou, aby došlo k oddělení jednotlivých částí. Ve vzorku kolmatačního materiálu byly stanoveny nerozpuštěné látky sušené a žíhané. Dále bylo zváženo množství čistého suchého kameniva a suché stařiny. Výsledky stanovení nerozpuštěných látek sušených a žíhaných byly přepočítány na odebraný kg kameniva. Výsledky shrnuje *tabulka 2*. Je z nich velice dobře patrné, že

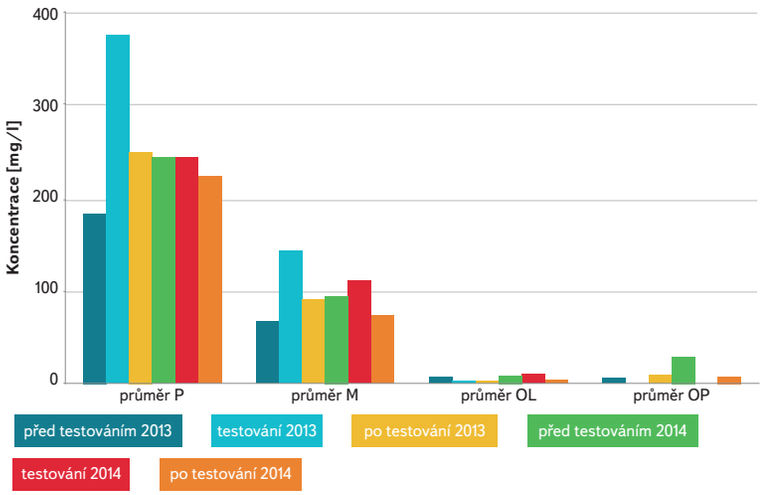


Obr. 4. Průměrné koncentrace $CHSK_{Cr}$ na přítoku, za mechanickým předčištěním a na odtoku z levého a pravého kořenového pole v různých fázích experimentu
Fig. 4. Mean COD concentrations on the inflow, after mechanical pretreatment and on the outflow from the left and right parts of the constructed wetland during the different periods of experiment

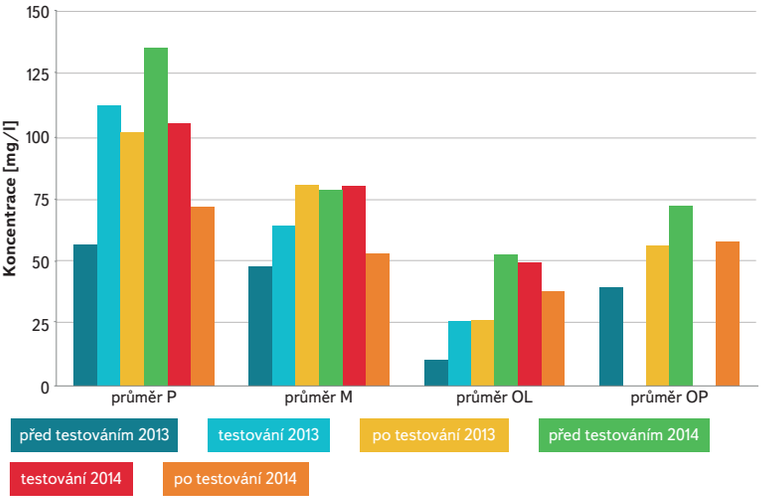
jsou nerozpuštěné látky přítomné ve vysoké míře nejen v přítokové zóně, ale i ve středu kořenového pole, a dokonce v odtokové zóně, to ukazuje na pokročilé zanesení filtrační náplně. Dále je z *tabulky 2* patrné, že jsou zejména výsledky nerozpuštěných látek sušených značně rozkolísané. Na jejich základě rozhodně nelze tvrdit, že množství kolmatačního materiálu po aplikaci preparátu kleslo. Patrný je pouze rozdíl ve zjištěném množství stařiny na odklizené a neodklizené části kořenového pole. Příčinou rozkolísanosti výsledků může být nevhodně zvolený způsob odběru vzorku kameniva, protože v případě kořenových čistíren se jedná o prostředí trvale zatopené odpadní vodou.

Tabulka 1. Průměrná účinnost čištění a průměrné koncentrace znečištění na odtoku z levého (OL) a pravého (OP) kořenového pole v různých fázích experimentu
Table 1. Mean treatment efficiency and mean pollution concentrations on the outflow from the left (OL) and right (OP) parts of the constructed wetland

KČOV Bezděkov pod Třemšínem		$CHSK_{Cr}$ [% / mg/l]	BSK_5 [% / mg/l]	NL105 [% / mg/l]	$N_{amon.}$ [% / mg/l]	N_c [% / mg/l]	P_c [% / mg/l]
před testováním 2013	**OL**	94,24 / 29	97,24 / 6	96,12 / 7,1	75,42 / 9,1	82,74 / 9,8	79,56 / 1,4
	OP	84,82 / 75	88,98 / 23	96,79 / 5,9	4,22 / 35	31,79 / 39	12,94 / 5,8
během testování 2013	**OL**	92,30 / 63	93,60 / 22	99,23 / 2,9	68,41 / 24	77,98 / 25	63,84 / 5,6
po testování 2013	**OL**	94,19 / 43	96,47 / 10	98,68 / 3,3	62,63 / 23	74,42 / 26	72,44 / 3,5
	OP	83,04 / 124	90,97 / 26	96,32 / 9,3	23,68 / 46	44,32 / 57	8,19 / 12
před testováním 2014	**OL**	91,45 / 87	92,93 / 24	96,63 / 8,3	51,80 / 43	61,79 / 52	56,96 / 6,4
	OP	89,05 / 112	96,29 / 12	88,08 / 29	32,17 / 60	46,91 / 73	71,45 / 4,3
během testování 2014	**OL**	85,30 / 98	90,26 / 23	96,04 / 9,7	46,89 / 40	53,68 / 49	51,86 / 7,3
po testování 2014	**OL**	90,66 / 55	94,56 / 12	98,19 / 4,1	38,55 / 34	48,07 / 38	53,12 / 4,9
	OP	85,87 / 84	92,85 / 15	96,33 / 8,3	9,11 / 50	19,71 / 58	39,92 / 6,3



Obr. 5. Průměrné koncentrace NL na přítoku, za mechanickým předčištěním a na odtoku z levého a pravého kořenového pole v různých fázích experimentu
Fig. 5. Mean SS (suspended solids) concentrations on the inflow, after mechanical pretreatment and on the outflow from the left and right parts of the constructed wetland during the different periods of experiment



Obr. 6. Průměrné koncentrace celkového dusíku na přítoku, za mechanickým předčištěním a na odtoku z levého a pravého kořenového pole v různých fázích experimentu
Fig. 6. Mean total nitrogen concentrations on the inflow, after mechanical pretreatment and on the outflow from the left and right parts of the constructed wetland during the different periods of experiment

Tabulka 2. Výsledky analýzy odebraného kameniva – množství kameniva, množství stařiny, množství nerozpuštěných látek sušených a žíhaných na kg čistého suchého kameniva
Table 2. The results of the sampled gravel analysis – amount of dry pure gravel, amount of old vegetation, amount of dry and ignited suspended solids per kg of dry pure gravel

Odběrový profil pravého kořenového pole	Datum odběru	Kamenivo [g]	Zjištěná stařina [g]	NL105 [g/kg]	NL550 [g/kg]	Organický podíl [%]
přítoková zóna	15. 5. 2013	2413,2	38,1	31,8	24,1	24,1
střed pole	15. 5. 2013	490,9	10,2	25,0	20,4	18,4
odtoková zóna	15. 5. 2013	590,4	5,6	28,2	24,0	14,8
přítoková zóna	24. 7. 2013	2065,8	5,8	29,7	21,5	27,7
přítoková zóna	14. 8. 2013	1699,9	7,0	28,1	22,6	19,4
přítoková zóna	4. 12. 2013	1985,2	18,4	38,7	24,0	38,7
odklizená přítoková zóna	13. 5. 2014	1784,8	10,9	19,9	18,7	6,3
neodklizená přítoková zóna	13. 5. 2014	1907,3	19,7	24,7	18,4	25,2
odklizená přítoková zóna	27. 5. 2014	1495,3	6,1	26,1	19,2	26,5
neodklizená přítoková zóna	27. 5. 2014	1838,2	34,3	25,5	23,5	7,8
odklizená přítoková zóna	19. 8. 2014	992,3	1,7	30,6	26,6	13,0
neodklizená přítoková zóna	19. 8. 2014	1573,1	18,7	40,4	27,4	32,1
odklizená přítoková zóna	16. 9. 2014	923,6	2,6	36,5	27,2	25,7
neodklizená přítoková zóna	16. 9. 2014	1157,0	8,0	29,4	25,8	12,2

ZÁVĚR

Nejdůležitějším krokem je předcházení vzniku a rozvoje kolmatace volbou vhodného a dostatečně dimenzovaného mechanického předčištění, jeho správným provozováním spojeným s dostatečně častým vyvážením kalového prostoru usazovací nádrže. Důležitá je i vhodná volba filtrační náplně. Tyto faktory mohou významnou měrou zvýšit dobu životnosti umělého mokřadu.

S ohledem na skutečnost, že je kolmatace zcela obvyklým jevem, je většinou třeba dříve či později přistoupit k opatřením vedoucím ke zvýšení propustnosti a účinnosti čištění ucpané filtrační náplně.

Provedený experiment nepotvrdil, že aplikace bakteriálně-enzymatického preparátu do zakolmatované filtrační náplně kořenové čistírny v Bezděkově pod Třemšínem měla vliv na snížení množství nerozpuštěných látek přítomných ve filtrační náplni. Výsledky experimentu dále ukazují, že v době, kdy byla veškerá odpadní voda čištěna v levém kořenovém poli, nedošlo k významnému snížení účinnosti čištění tohoto kořenového pole, resp. nedošlo k významnému nárůstu koncentrací na odtoku z něj. U pravého kořenového pole došlo zejména po aplikaci preparátu v roce 2014 ke zvýšení účinnosti čištění, resp. k významnému snížení odtokové koncentrace nerozpuštěných látek.

Provedený experiment jednoznačně nepotvrdil, že je aplikace biologicko-enzymatického preparátu vhodnou cestou ke snížení rozsahu kolmatace filtrační náplně a ke zvýšení účinnosti čištění.

Více informací nejen o kolmataci naleznete v publikaci Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií autorského kolektivu Mlejnská, Rozkošný, Baudišová, kterou vydal v roce 2015 Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci implementace projektu TA02020128 – Výzkum možností optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií, který byl řešen v letech 2012–2015 s finanční podporou TA ČR v rámci programu Alfa.

Literatura

[1] REDDI, L.N., XIAO, M., HAJRA, M.G., and LEE, I.M. Permeability reduction of soil filters due to physical clogging. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2000, vol. 126, No. 3, p. 236–247.

[2] WINTER, K.J. and GOETZ, D. The impact of sewage composition on the soil clogging phenomena of vertical flow constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 2003, vol. 48, No. 5, p. 9–14.

[3] SCHWARZ, M., FUCHS, S., and HAHN, H.H. Nucleic acids: indicators for dynamic processes of clogging in soil filter systems. *Water Science and Technology*, 2006, vol. 54, No. 11–12, p. 183–189.

[4] SIRIWARDENE, N.R., DELETIC, A., and FLETCHER, T.D. Clogging of stormwater gravel infiltration systems and filters: Insights from a laboratory study. *Water Research*, 2007, vol. 41, No. 7, p. 1433–1440.

[5] PEDESCOLL, A., UGGETTI, E., LLORENS, E., GRANÉS, F., GARCÍA, D., and GARCÍA, J. Practical method based on saturated hydraulic conductivity used to assess clogging in subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 2009, vol. 35, No. 8, p. 1216–1224.

[6] PEDESCOLL, A., CORZO, A., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, J., and PUIGAGUT, J. The effect of primary treatment and flow regime on clogging development in horizontal subsurface flow constructed wetlands: An experimental evaluation. *Water Research*, 2011, vol. 45, No. 12, p. 3579–3589.

[7] KAYSER, K. and KUNST, S. Processes in vertical-flow reed beds: nitrification, oxygen transfer and soil clogging. *Water Science and Technology*, 2005, vol. 51, No. 9, p. 177–184.

[8] HUA, G.F., ZHU, W., ZHAO, L.F., and HUANG, J.Y. Clogging pattern in vertical-flow constructed wetlands: Insight from a laboratory study. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, vol. 180, No. 1–3, p. 668–674.

[9] LI, H.Z., WANG, S., YE, J.F., XU, Z.X., and JIN, W. A practical method for the restoration of clogged rural vertical subsurface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment using earthworm. *Water Science and Technology*, 2011, vol. 63, No. 2, p. 283–290.

[10] TANNER, C.C. and SUKIAS, J.P. Accumulation of organic solids in gravel-bed constructed wetlands. Water Science and Technology, 1995, vol. 32, No. 3, p. 229–239.

[11] HYÁNKOVÁ, E. Příčiny a možnosti minimalizace kolmatačních jevůve filtračních náplních kořenových čistíren. In: *Sborník přednášek ze semináře Přírodní způsoby čištění vod V.* Brno: CERM, 2007, s. 26–31.

[12] ROUSSEAU, D.P.L., VANROLLEGHEM, P.A., and DE PAUW, N. Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis. *Ecological Engineering*, 2004, vol. 23, No. 3, p. 151–163.

[13] TURON, C., COMAS, J., and POCH, M. Constructed wetland clogging: A proposal for the integration and reuse of existing knowledge. *Ecological Engineering*, 2009, vol. 35, No. 12, p. 1710–1718.

[14] KNOWLES, P., DOTRO, G., NIVALA, J., and GARCÍA, J. Clogging in subsurface-flow treatment wetlands: Occurrence and contributing factors. *Ecological Engineering*, 2011, vol. 37, No. 2, p. 99–112.

[15] PLATZER, CH. and MAUCH, K. Soil clogging in vertical flow reed beds – Mechanisms, parameters, consequences and solutions? *Water Science and Technology*, 1997, vol. 35, No. 5, p. 175–181.

[16] HUA, G., ZHU, W., ZHAO, L., and ZHANG, Y. Applying solubilisation treatment to reverse clogging in laboratory-scale vertical flow constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 2010, vol. 61, No. 6, p. 1479–1487.

[17] TUSZYŃSKA, A. and OBARSKA-PEMPKOWIAK, H. Speciation of organic matter in vertical flow constructed wetlands. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2009, vol. 18, No. 4, p. 735–740.

[18] MLEJNSKÁ, E., ROZKOŠNÝ, M. a BAUDIŠOVÁ, D. *Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií.* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2015, 160 s.

[19] MALÁ, E., ŠÁLEK, J. a KRIŠKA-DUNAJSKÝ, M. Poznatky z výzkumu kolmace filtračního prostředí zemních filtrů. In: *Zborník z konferencie Odpadové vody 2004*. Nitra: AČE SR, 2004, s. 329–335. ISBN 80-89088-33-3.

[20] HYÁNKOVÁ, E. a ŠÁLEK, J. Poznatky z výzkumu kolmace filtračního prostředí vegetačních kořenových čistíren s vertikálním prouděním. *3. vodohospodářská konference 2003*, Brno: FAST VUT, 2003, s. 441–447.

[21] ZHAO, L., ZHU, W., and TONG, W. Clogging processes caused by biofilm growth and organic particle accumulation in lab-scale vertical flow constructed wetlands. *Journal of Environmental Sciences*, 2009, vol. 21, No. 6, p. 750–757.

[22] NIVALA, J., KNOWLES, P., DOTRO, G., GARCÍA, J., and WALLACE, S. Clogging in subsurface-flow treatment wetlands: Measurement, modelling a management. *Water Research*, 2012, vol. 46, No. 6, p. 1625–1640.

[23] KRŠŇÁK, M. Projektování KČOV druhé generace. In: Kriška, M., Šálek, J., Plotěný, K. *Přírodní způsoby čištění vod VI.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 134 s.

[24] NIVALA, J. and ROUSSEAU, D.P.L. Reversing clogging in subsurface-flow constructed wetlands by hydrogen peroxide treatment: two case studies. *Water Science and Technology*, 2009, vol. 59, No. 10, p. 2037–2046.

[25] WANNER, F. a MLEJNSKÁ, E. Uvolnění zakolmatovaného lože zemního filtru in-situ aplikací enzymů. *Vodní hospodářství*, 2010, vyd. 52, č. 12, s. 15–18.

Autor

Ing. Eva Mlejnská
✉ eva.mlejnska@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

CONSTRUCTED WETLANDS CLOGGING

MLEJNSKA, E.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: constructed wetland — clogging — hydraulic load — organics — treatment efficiency

Clogging is a quite natural process, but it is an undesirable phenomenon in artificial wetlands used for treatment and tertiary treatment of wastewaters. Due to this, it is necessary, during proposal preparation and operation of artificial wetlands, to keep the principles that might significantly restrict the rise and progress of clogging. Sufficient adjustment and right operation of mechanical pre-treatment, suitable selection of filter fill of constructed wetland, organic and hydraulic loading, conditions of operation and another ones, belong to the principles mentioned. In the case, clogging comes in and its extent influences efficiency of treatment or amount of treated wastewater it is necessary to exchange or regenerate filter fill of constructed wetland.

The paper summarizes experiences with in-situ application of bacteria--enzymatic agent in the clogging constructed wetland.

Nutrienty ve vodách povodí Mostiště

STANISLAV JURÁŇ

Klíčová slova: povodí vodárenské nádrže Mostiště — kvalita vody — modelování emisí nutrientů — plošné a difuzní zdroje znečištění — plány dílčích povodí — nápravná opatření

SOUHRN

Článek prezentuje výsledky projektu zaměřeného na zlepšení situace v povodí vodárenské nádrže Mostiště, kde není dosahován dobrý stav vod z důvodu vysoké zátěže vod nutrienty. V návaznosti na získané poznatky je doporučeno v rámci plánů dílčích povodí zavádět podrobné analýzy v povodích, kde není doposud dobrého stavu vod dosaženo. Za podstatné považuje další doplňování a zpřesňování získaných poznatků u obdobných projektů tak, aby situace mohla být postupně porovnávána v různých oblastech České republiky.

ÚVOD

Nápravná opatření směřující ke zlepšování stavu vod se realizují postupně jak u bodových, tak i plošných zdrojů znečištění, a to s vysokou finanční zátěží pro společnost. V mnohých případech však jasné a průkazné posouzení dostatečnosti či nedostatečnosti opatření pro dosažení cílů v jednotlivých povodích (cílem se rozumí dosažení dobrého stavu vod [1, 2]) chybí. Prakticky se postupuje tak, že za dobu jednoho plánovacího cyklu (období) plánů dílčích povodí dochází podle výsledků monitoringu k vyhodnocení stavu vod. V případě nedosažení dobrého stavu vod jsou navrhována opatření, která by měla stav zlepšit. Nikdo podrobně neposuzuje, zda je soubor všech opatření dostatečný a jaký efekt ve vodním toku přinese. Redukce zátěže vod prostřednictvím opatření u bodových zdrojů znečištění bývá numericky podložena, u plošných zdrojů znečištění však tyto informace obvykle chybí. Může tak dojít k pochybnostem, zda jsou všechna plánovaná opatření skutečně potřebná a vynakládané finanční prostředky vhodně využity. V některých případech se tak bez dalších podrobnějších znalostí a průzkumů o pohybu nutrientů v povodí nebo vodních útvarech neobejdeme [3–6].

OBHAJITELNÝ PŘÍSTUP K DOSAŽENÍ DOBRÉHO STAVU VOD

Stanovení zátěže vod nutriety ze všech zdrojů znečištění v povodí a vyhodnocení stavu se provádí nejčastěji pomocí modelů [7]. Modely umožňují řadu zjednodušení, nejsou-li potřebná data. V modelech lze snadno dohledat použitá data nebo výsledky zátěží v obdobných povodích porovnávat. Mezi často používané modely lze zařadit: Soil and Water Assessment Tool (SWAT), Modelling Nutrient Emissions in River Systems (MONERIS), OECD Modified Methodology, QUAL2K apod.

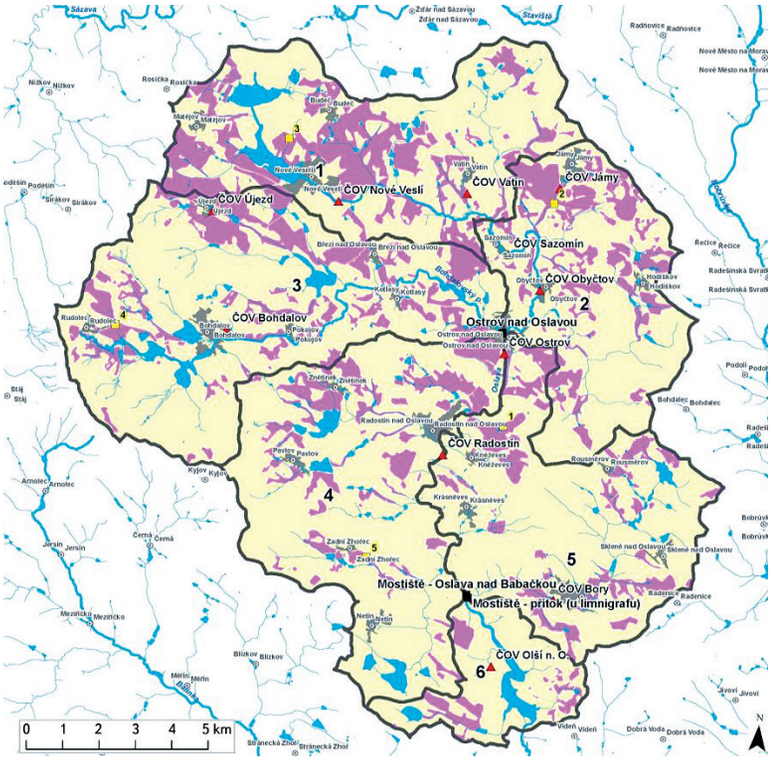
Podrobnější analýzy v konkrétních povodích mají za úkol kvantifikovat množství nutrientů, jež se dostává do vodních toků daného povodí, analyzovat veškeré zdroje tohoto znečištění včetně plošných zdrojů znečištění v povodí a navrhnout oblasti, kde je možno tyto zdroje optimálně redukovat. Na základě látkového odtoku nutrientů v závěrném profilu povodí vodního toku a odbourávaného znečištění v daném povodí lze odvodit konkrétní požadavky na redukci výsledných emisí nutrientů. Uvedené analýzy jsou poměrně časově náročné, protože obvykle nemáme k dispozici všechna potřebná data, která následně doplňujeme dalšími měřeními. Vhodné je však kvantifikovat obdobné zdroje emisí nutrientů (cesty), které by se daly, spolu s informacemi o využití území v jiných povodích, v budoucnu porovnávat. V našem případě jsme kvantifikovali zátěž vod nutrienty z obdobných zdrojů znečištění, jako se používá při zpracování Plánu oblasti povodí Dunaje [4].

ZJIŠTĚNÝ STAV V POVODÍ VODÁRENSKÉ NÁDRŽE MOSTIŠTĚ A VÝSLEDKY PROJEKTU

Za účelem zlepšení situace v povodí uvedené vodárenské nádrže, kde není dosahován dobrý stav vod z důvodu vysoké zátěže vod nutrienty, byl Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i., řešen v letech 2014–2015 projekt, který specifikoval jednotlivé zdroje zátěže vod v povodí uvedené vodárenské nádrže. Projekt nevyužíval konkrétní model. Přínos projektu spočíval především ve specifikaci velikosti plošných zdrojů znečištění a odbourávaného znečištění. Na základě výsledků se dá posoudit, zda bude výhledově možné dosažení dobrého stavu vod, jak je navrhováno v plánech dílčích povodí, nebo na jaká nápravná opatření se dále zaměřit. Projekt s názvem Technické nástroje k identifikaci znečištění byl podporovaný Technologickou agenturou ČR pod č. TD020266. Výsledkem projektu byly mapy prezentující stav zátěže vod z různých zdrojů znečištění. Tyto nástroje (mapy) slouží Krajskému úřadu Kraje Vysočina a dalším veřejným a správním orgánům k usměrňování nápravných opatření.

Vstupními podklady při zpracování projektu byly mapy využití území, ze kterých vyplývá, že v povodí velikosti přibližně 220 km^2 žije 9 100 obyvatel, což je necelá 1/3 průměrné hodnoty udávané pro ČR. V uvedeném povodí je mírně nadprůměrná lesnatost (36,5 %) a vodní plochy (3,5 %) a naopak velmi vysoké procento orné půdy (42,6 %) a odvodňovaných ploch plošnou drenáží (18,5 %), viz *obr. 1*.

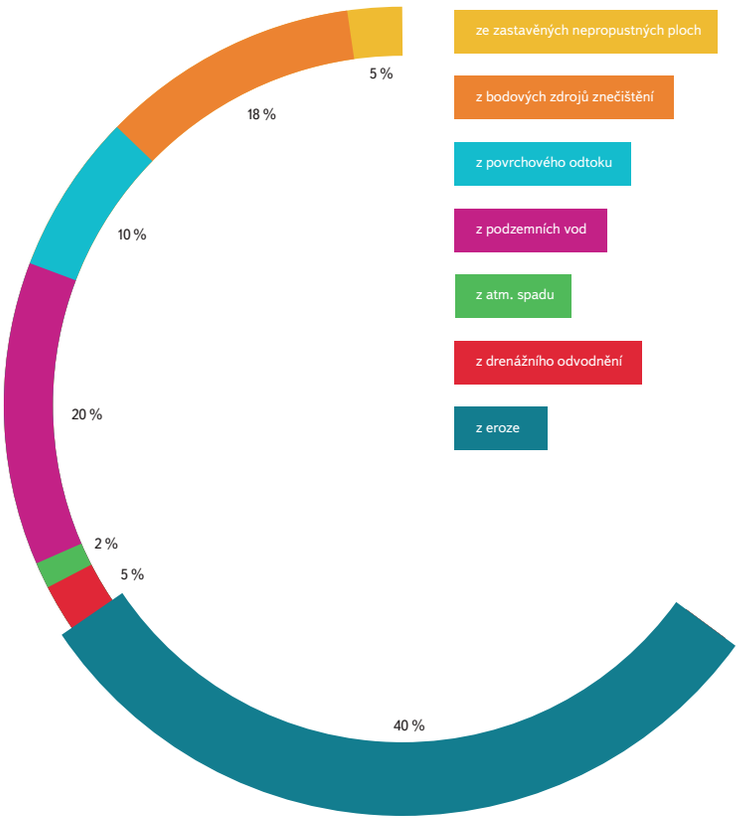
Z výsledků řešení bilancovaného na emise z atmosférické depozice, bodových zdrojů znečištění, zastavěných nepropustných oblastí [8], drenážního odvodnění [8], eroze ze zemědělské půdy (vodní eroze), povrchového odtoku z ostatních ploch (zemědělských, lesních a ostatních) a z podzemních vod je zřejmé, že podrobné podklady o využití území jsou u každého povodí zásadní. Přestože konfigurace zdrojů znečištění je příznivá, včetně výrazného zadržování vod a retence v uvedeném povodí, a podílí se více než 80 % na odbourávání celkového fosforu, dobrého stavu vod na přítoku do vodní nádrže není dosahováno.



Obr. 1. Rozmístění plošných drenáží v povodí vodárenské nádrže Mostiště
Fig. 1. Layout of planar drainages in the basin of the Mostiště water reservoir

V povodí se vyskytuje 25 obcí a jejich místních částí, kde čištění odpadních vod je až na výjimky co do účinností čištění na nízké úrovni. Celkově je však zátěž od obyvatelstva při uvedené malé osídlenosti nízká a činí u celkového fosforu pouze 18 % z celkové zátěže vod. Z projektu dále vyplynulo, že i kdyby byly čištěny všechny odpadní vody v uvedeném povodí na nejvyšší možnou míru, dobrý stav vod nebude v důsledku vysokých koncentrací tohoto ukazatele dosažen. Je proto nutné plánovat nápravná opatření v povodí, zaměřená především na redukci znečištění z ostatních významných plošných zdrojů znečištění znázorněných v následujícím výsečovém grafu, podle výsledků emisní zátěže (*obr. 2*).

Za příčinu vysoké koncentrace živin ve vodách se jeví vysoké procento orné půdy v povodí a přehnojování zemědělských pozemků. Například na odvodňovaných plochách katastrálního území Kněževes byly naměřeny až o řád vyšší koncentrace dusíkatých látek ve vodách než na odvodňovaných plochách katastrálního území Zadní Zhoř. Omezení vodní eroze je pak zásadním opatřením z pohledu přísunu celkového fosforu do vodních toků. Mimo omezení eroze a hnojení jsou žádoucí další opatření [9], jako je přerušení funkčnosti plošného drenážního odvodnění, zejména v plochách travního porostu, kterých je v povodí až ¼ z celkové drenážemi odvodňované plochy povodí. Drenážním odvodněním, způsobem a mírou hnojení spolu s erozním smyvem je proto nutné se dále zabývat. Obdobně tomu bude pravděpodobně i v dalších oblastech, kde navržená opatření v plánech dílčích povodí mohou být nedostatečná. V povodí Mostiště je pak výhodou, že podrobné analýzy jsou již k dispozici. V rámci projektu bylo provedeno celkem 120 laboratorních analýz vod a půd, a proto je možné na výsledky navazovat a také z nich vycházet.



Obr. 2. Emisní zátěž ze zdrojů znečištění v povodí vodárenské nádrže Mostiště v ukazateli P_{celk}
Fig. 2. Emission load from pollution sources in the catchment area of the Mostiště water reservoir in the P_{celk} indicator

ZÁVĚREM K ZAMYŠLENÍ

Uvedený způsob řešení je logickým vyústěním požadavků Rámcové směrnice o vodě, která proces plánování a dosažení dobrého stavu vod iniciovala závazně pro všechny státy Evropské unie. V případech nedosažení dobrého stavu vod nám nebude často stačit přijetí nápravných opatření bez doložení jejich účinnosti, a to především u plošných zdrojů znečištění. Využití výpočtových modelů se jeví jako přínosné, protože komplexnost poznatků a značné množství dat se dá snadno vyhodnotit. Rovněž další zpřesňování poznatků o zátěži vod v dalších etapách procesu plánování je bez modelů komplikované a přiznejme si, že u redukce nutrietů se jedná o běh na dlouhou trať.

Nápravná patření, jak již bylo zmíněno, nejsou zadarmo, a tak bychom měli zvažovat mnohem důsledněji, kde a v jakém rozsahu je uplatnit. K tomuto potřebujeme podrobnější znalosti o všech zdrojích znečištění vod. Je zřejmé, že podrobnější znalosti nejsou potřebné všude, ale přednostně tam, kde je dobrý stav vod nedosažen, což se nejedná v případě České republiky o zanedbatelné území. Například v povodí české části Dyje a Moravy s přítoky Váhu nebylo k roku 2015 dosaženo dobrého stavu vod u 54 % vodních útvarů z důvodů vysokých koncentrací ukazatelů P_{celk}, $N\text{-}NO_3$ a $N\text{-}NH_4$. Tato skutečnost je sama o sobě alarmující a ukazuje, že k dosažení cílů máme hodně dlouhou cestu. Domnívám se, že přinejmenším u povodí vodárenských nádrží a dalších vodních útvarů napojených na odběry vod, u kterých není doposud dosaženo dobrého stavu vod z důvodu vysoké zátěže živinami, by měly být důvody nedosažení jasněji formulovány s podrobnou analýzou co do výskytu a znalostí všech zdrojů znečištění, tedy především plošných, rozptýlených a těch, které jsou nějakým způsobem propojeny se zemědělskou činností.

Podrobné analýzy, popř. modely k vyjádření zátěže vod nutrienty jsou jistě žádoucí. Doufejme jen, že se budou dále rozvíjet a doplňovat tak, aby byly srozumitelné a praktické. Není ani tak rozhodující, jaký model použijeme, ale jak dále získané poznatky a analýzy využijeme a prakticky zúročíme. V tomto je potřebné hledat zlepšení.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci výzkumného úkolu s názvem Technické nástroje k identifikaci znečištění podpořeného Technologickou agenturou ČR s označením TD020266 (program OMEGA), řešeného v letech 2014–2015.

Literatura

[1] Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

[2] Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

[3] BORGVANG, S.A., SELVIK, J.R., GLESNE, O. (ed.) *Development of HARP Guidelines – Harmonised Quantification and Reporting Procedures for Nutrients*. SFT Report 1759/2000. Oslo, Norway: Norwegian Pollution Control Authority, 2000, 180 p.

[4] SHREIBER, H. et al. *Harmonised Inventory of Point and Diffuse Emissions of Nitrogen and Phosphorus for Transboundary River Basin*. Research Report 200 22 232. Berlin: Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2003.

[5] European Environment Agency. *Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment*. Denmark, 2005, 48 p.

[6] Guidance Document WFD No. 28: Technical Guidance on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority and priority hazardous substances, 2012, 67 p., ISBN 978-92-79-23823-9.

[7] PAVLOVIĆ, M. Diffuse pollution sources and assessment of impacts: overview of methodologies, version 0.2, Zagreb 2010, Technical assistance in the preparation and implementation of the Sava River Basin Management Plan (Ref. No. EuropeAid/128277/C/SER/Multi).

[8] JURÁŇ, S. *Podpora způsobu modelování zátěže nutrienty a účast ČR v aktivitách Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje*. Zpráva za rok 2008 a zpráva za rok 2009. Brno: VÚV TGM.

[9] Identifikace potenciálních zdrojových lokalit plošného zemědělského znečištění – standardizovaný podklad pro projektování komplexních pozemkových úprav. Metodika. Praha: VÚMOP, 2008.

Autor

Ing. Stanislav Juráň
✉ stanislav.juran@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

NUTRIENTS IN THE MOSTIŠTĚ RIVER BASIN

JURAN, S.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: Mostiště River Basin — water quality — modelling emission of nutrients — surface and diffuse sources of pollution — river basin management plans — measures

The article presents the results of the project aimed at improving the situation in the catchment area of the Mostiště water reservoir where good water status is not achieved because of the high water load of nutrients. In the light of the findings, it is recommended to introduce detailed analyzes in river basins where water quality has not yet been achieved. It is important to further refine and complete the knowledge gained in similar projects so that the situation can be gradually compared in different regions of the Czech Republic.

Možnosti extrapolace digitálního modelu terénu z rastru DMR 5G

MARTIN CALETKA

Klíčová slova: DMR 5G — digitální model terénu — extrapolace — GIS — tvar koryta

SOUHRN

Nad územím celé České republiky bylo provedeno letecké laserové snímkování (LiDAR), díky němuž je možné vytvářet rastry digitálního modelu terénu. Tyto podklady mají široké uplatnění v různých odvětvích. Z hlediska potřeb hydrologie je však nedostatkem použité technologie nepřesné, resp. neúplné, vykreslení tvaru koryt, neboť laserové paprsky blízkého infračerveného záření jsou absorbovány vodou. Z toho důvodu je potřebné data korigovat nahrazením jejich části například výstupy z jiných měření, např. teodolitem či sonarem. Existují však postupy, pomocí kterých je možné geometrii koryt extrapolovat přímo z původních rastrů, a to na základě sklonů břehů v rámci příčných profilů. V rámci této práce se vychází z postupu linear and double-linear estimation method podle Mersela a kol. [1].

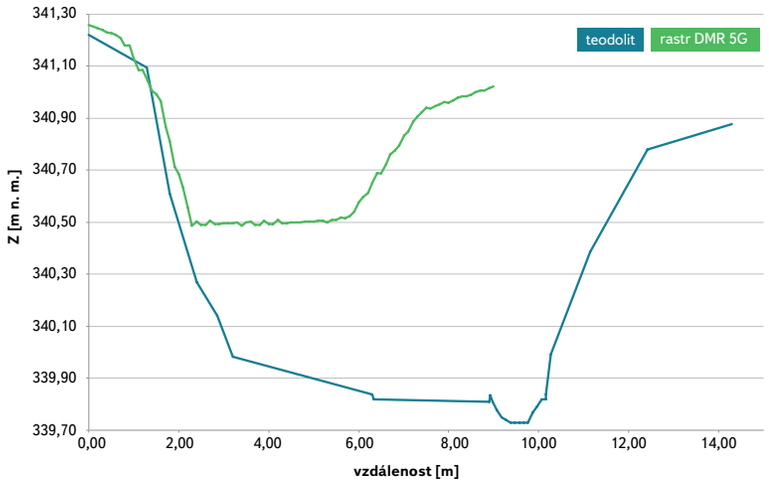
Předložená práce představuje úvodní krok směrem k využití podobných extrapolačních postupů. Celkem 82 profilů bylo geodeticky zaměřeno a následně byly extrahovány příčné profily z rastru DMR 5G, na nichž byla prováděna extrapolace. Na dosavadním souboru příčných profilů se ukázalo, že extrapolační metoda vede k mírnému nadhodnocování minimální úrovně dna koryt oproti skutečně zaměřeným hodnotám. Z toho důvodu bylo také zjišťováno, nakolik je potřeba úhly sklonů břehů zvýšit, aby bylo dosaženo dobré shody se skutečně naměřenými daty. Podstatné však je, že srovnávání bylo prozatím prováděno čistě na základě shody nejnižší úrovně dna v příčném profilu, nikoli z hlediska vlivu na výsledky hydrodynamického modelování.

ÚVOD

Modelování v hydrologii je kromě dobré znalosti a simulace fyzikálních procesů ovlivňováno významně i nepřesnostmi vstupních dat. Nejistotami v hydrologickém modelování se zabývala řada prací [2–4]. Zdroje nepřesností mohou plynout například z hodnot průtoků odvozených prostřednictvím hydrologického modelu, v němž již vstupní data (např. srážkové úhrny či vlhkost půdy) vykazují určité nepřesnosti [5]. Pokud je průtok odvozován z měření vodních stavů, je přesnost ovlivněna kvalitou vztahu vodní stav/průtok [2, 6]. Problematickým faktorem při modelování povodňových rozlivů je také nastavení hodnoty součinitele drsnosti [7–9] a geometrický popis koryta a říční nivy (např. [10–16]).

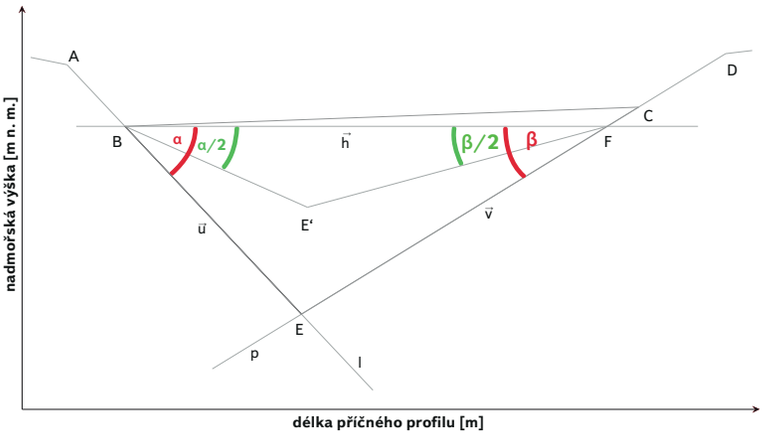
Problematice přípravy kvalitního digitálního modelu terénu (DMT) je v hydrologii věnováno značné úsilí. Zpřesňování DMT je možné provádět pomocí různých přístupů, především interpolací geodeticky zaměřených příčných profilů koryta či interpolací samostatně zaměřených bodů batygrafie a jejich integrací s okolním terénem [2]. Značného pokroku v rámci modelování obecně bylo dosaženo zavedením technologie leteckého laserového snímkování terénu (z angl. Light Detection and Ranging – akronym LiDAR). Jedná se o technologii,

Obr. 1. Ukázka měřeného příčného profilu na úseku Husího potoka ve Vlkovicích u Fulneku
Fig. 1. An example of a measured cross-section profile on the Husí brook in Vlkovice near Fulnek



Obr. 2. Srovnání příčného profilu koryta Husího potoka ve Vlkovicích zaměřeného teodolitem a extrahovaného z DMT DMR 5G

Fig. 2. Comparison of cross-section profiles on the Husí brook in Vlkovice measured by theodolite and extracted from the DMT DMR 5G



Obr. 3. Schématické znázornění extrapolace metodou linear a double-linear (podle Mersela a kol. [1])

Fig. 3. Schematic representation of linear and double-linear estimation method (according to Mersel et al. [1])

která umožňuje měřit zejména nadmořskou výšku povrchu (tzv. topo LiDAR system) [17, 18]. Měřená data jsou ukládána ve formě mračna bodů [19]. I přes značné zlepšení může být přesnost měřených dat omezena. Laserový paprsek nemusí vždy proniknout až k zemskému povrchu v případě husté vegetace či zástavby. Navíc může docházet k pohlcování laserového paprsku vodou [20]. Absence topografie vodou vyplněných částí vodních útvarů přitom představuje významný problém z hlediska modelování hydrauliky proudění [11, 13, 14]. Z toho důvodu byl kromě technologií, jako je sonar [21], digitální fotogrammetrie [22] či satelitní měření [23], vyvinut typ LiDARu umožňující i měření batygrafie (bathymetric LiDAR system). Na rozdíl od tradičního LiDARu, využívajícího blízké infračervené záření, používá vlnové délky zelené části spektra, které pronikají vodou [24].

Pro eliminování chyb spojených s využíváním konvenčních měření LiDARem (výstupem takového měření je i sada DMR 4G a DMR 5G) vznikla řada extrapolačních metod pro určení topografie části koryt, resp. příčných profilů koryt, vyplněných vodou. Základní a nejjednodušší metodou je tzv. linear a double-linear method [1, 25], spočívající v extrapolaci sklonu břehů směrem do koryta toku. Hlavním cílem tohoto článku je: 1. provést prvotní srovnání výstupů obou zmíněných extrapolačních metod s geodeticky zaměřenými příčnými profily koryt z hlediska dosažení minimální úrovně dna, 2. nalézt pro každý příčný profil vhodný násobek sklonu břehů takový, aby analogickou aplikací uvedené metody bylo dosaženo co nejlepší shody s měřenými profily.

Tabulka 1. Charakteristiky přesnosti DMR 5G na různém povrchu a půdním krytu (převzato z Technické zprávy k Digitálnímu modelu 5. generace, ČÚZK, 2016)

Table 1. Accuracy characteristics of the of the DMR 5G dataset for various types of surfaces (according to the Technical report of the digital model of relief 5th generation)

Kategorie povrchu a půdního krytu	**Úplná střední chyba** [m]	**Maximální chyba** [m]
terénní hrany u komunikací	0,18	0,66
zpevněné plochy	0,13	0,37
orná půda	0,14	0,56
louky a pastviny	0,21	0,42
křoviny, stromořadí a lesy	0,13	0,46
průměrná hodnota	0,14	0,49

VSTUPNÍ DATA A METODIKA

S využitím celkem 82 příčných profilů menších vodních toků byla analyzována přesnost dosažení minimální úrovně dna koryt (*obr. 1*). Jejich skutečný (referenční) tvar byl zaměřen pomocí teodolitu a GPS stanice v rámci projektu NAKI [26] a KUS. Souřadnice všech takto zaměřených bodů byly importovány do prostředí ESRI ArcGIS 10.3.1, kde byly na jejich základě vykresleny linie všech příčných profilů. Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen z datové sady ČÚZK DMR 5G vzniklé leteckým laserovým snímkováním povrchu v letech 2009 až 2013 [27]. Z mračna diskrétních bodů rozmístěných v nepravidelné trojúhelníkové síti (angl. triangulated irregular network – TIN) o souřadnicích X, Y, H, kde H je nadmořská výška ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv).

Chyby výšky pro různé typy povrchu v rámci datové sady DMR 5G jsou přehledně uvedeny v *tabulce 1.* Kromě deklarovaných nepřesností je negativní vlastností DMT vytvořeného z této datové sady rovněž nepřesná, resp. neúplná, topografie koryt vodních toků. To je zapříčiněno nepropustností vody pro laserový paprsek dané vlnové délky. Terén vodních ploch je proto interpolován z bodů bezprostředně přiléhajících k vodnímu útvaru.

Prvním krokem k vytvoření spojitého DMT v prostředí ESRI ArcGIS z bodové vrstvy byla konstrukce TIN pomocí nástroje Create TIN bez omezení Delaunayho triangulace. Tento TIN byl následně pomocí nástroje TIN to Raster převeden na rastr s velmi jemným rozlišením 0,10 m. Údaje o nadmořské výšce byly přeneseny z podkladového rastru DMT do borové vrstvy příčného profilu pomocí nástroje Extract Values to Points (*obr. 2*).

EXTRAPOLACE KORYTA

Metody lineárního odhadu

Nejjednoduššími způsoby odstranění zmíněných nedostatků jsou metody lineárního a dvojitého lineárního odhadu (linear and double-linear estimate method) [1]. Tyto metody jsou založeny na lineární extrapolaci linie terénu na obou

stranách příčného profilu. Nejnižší bod koryta je dán průsečíkem obou extrapolovaných linií (*obr. 3*). Je zřejmé, že takto extrapolovaná hloubka je závislá na šířce koryta a na úhlech sklonu *α*, *β* obou břehů. Velikost úhlů *α*, *β* je vypočítána na základě vymezení břehů (levý břeh – body A, B; pravý břeh – body C, D). V rámci studie bylo využito obou výše uvedených metod. Při metodě lineárního odhadu jsou velikosti úhlů *α*, *β* zachovány a nejnižším bodem příčného profilu je bod E. Metoda dvojitého lineárního odhadu spočívá ve snížení úhlů *α*, *β* na polovinu původní velikosti. Nejnižší bod je označen E'. Průsečík vodorovné přímky se směrovým vektorem $\vec{h}$, procházející bodem B, s přímkou *p* je bod F.

Výpočet průsečíků E, E' se skládá z několika kroků:

1. PŘEVOD SOUŘADNIC BODŮ Z KARTOGRAFICKÝCH NA RELATIVNÍ

Souřadnice systému S-JTSK Křovák East North byly nahrazeny vzdálenostmi daného bodu od počátku příčného profilu.

2. SESTAVENÍ OBECNÝCH ROVNIC PŘÍMEK OBOU BŘEHŮ

Ze souřadnic bodů A, B, C, D byly odvozeny vektory $\vec{u}$ a $\vec{v}$, což jsou směrové vektory přímek *l*, *p*.

$$\vec{u} = (u_1 ; u_2) = (A_1 - B_1; A_2 - B_2) \quad (1)$$

$$\vec{v} = (v_1; v_2) = (D_1 - C_1; D_2 - C_2) \quad (2)$$

Obecné rovnice přímek *l*, *p* mají tvar:

$$l: \; u_2 x + (-u_1) y + c_l = 0 \quad (3)$$

$$p: \; v_2 x + (-v_1) y + c_p = 0 \quad (4)$$

3. VÝPOČET PRŮSEČÍKU PŘÍMEK OBOU BŘEHŮ

Řešením soustavy rovnic (3) a (4) jsou souřadnice bodu E [X_E; Y_E]. Souřadnice Y_E určuje nadmořskou výšku průsečíku při použití metody lineárního odhadu.

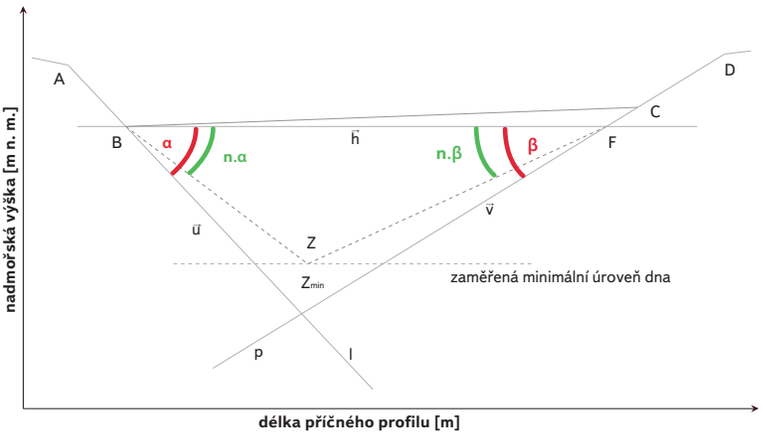
4. VÝPOČET ÚHLŮ SKLONŮ OBOU BŘEHŮ

Zjištění úhlů *α*, *β* vychází ze vztahu pro kosinus úhlu dvou nenulových vektorů. Při znalosti směrových vektorů $\vec{u}$ a $\vec{v}$ přímek *l*, *p* postačí zvolit libovolný vektor $\vec{h}$ v horizontálním směru (např. $\vec{h}$ = (1; 0)). Pak pro úhel *α* platí, že:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{h} \cdot \vec{u}}{|\vec{h}| \cdot |\vec{u}|} = \frac{h_1 u_1 + h_2 u_2}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}\ \sqrt{u_1^2 + u_2^2}} = \frac{u_1}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2}} \quad (5)$$

a pro úhel *β*:

$$\cos \beta = \frac{\vec{h} \cdot \vec{v}}{|\vec{h}| \cdot |\vec{v}|} = \frac{h_1 v_1 + h_2 v_2}{\sqrt{h_1^2 + h_2^2}\ \sqrt{v_1^2 + v_2^2}} = \frac{v_1}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}} \quad (6)$$



Obr. 4. Schématické znázornění metody n-násobků úhlů *α*, *β*
Fig. 4. Schematic representation of the method of multiplier n

5. VÝPOČET PRŮSEČÍKU PŘI POLOVIČNÍCH ÚHLECH

Bod E' [E'_1; E'_2] je průsečíkem přímek, které svírají s vektorem $\vec{h}$ úhly *α/2*, *β/2*. Při výpočtu souřadnic bodu je možné vycházet ze směrnicových rovnic přímek *l* a *p*, které mají tvar:

$$l: \; y = k_l x + q_l \quad (7)$$

$$p: \; y = k_p x + q_p \quad (8)$$

Kde čísla k_l, k_p jsou směrnice přímek *l*, *p*. Obecně platí, že směrnice *k* dané přímky je rovna tangentě úhlu, který tato přímka svírá s kladnou poloosou *x*. Z toho plyne, že ze vztahů (7), (8) je možné sestavit rovnici:

$$tg\,(\alpha/2)\, x + q_l = tg\,(\beta/2)\, x + q_p \quad (9)$$

z níž je možné vypočítat výsledné souřadnice. Pro uvedený vztah však musí být současně splněny tyto podmínky, které jsou zřejmé z *obr. 3*:

pravá strana rovnice: $tg\,(\alpha/2)\, x + q_l = tg\,(\beta/2)\, x + q_p$ (10)

levá strana rovnice: $\beta < \frac{\pi}{2} \wedge \beta > 0$ (11)

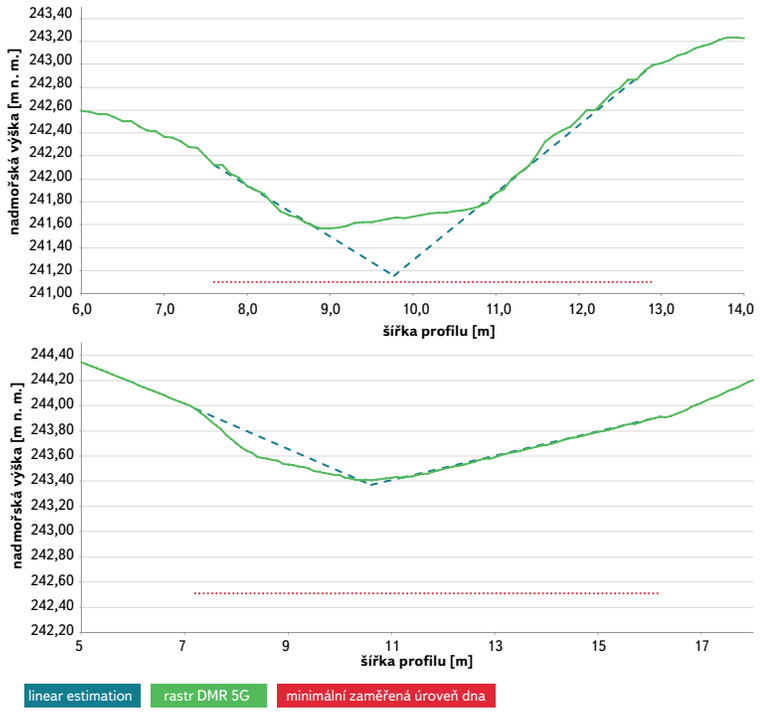
6. VÝPOČET ODCHYLEK OD ZAMĚŘENÉ NEJNIŽŠÍ ÚROVNĚ DNA

Pro obě extrapolační metody jsou nakonec vypočítány odchylky úrovně průsečíků přímek obou břehů od Z_{min}.

METODA N-NÁSOBKU ÚHLŮ

Metoda n-násobku úhlů je založena na hledání čísla *n* takového, aby jeho součin s úhly *α*, *β* určoval optimální úhly směrových vektorů přímek vůči $\vec{h}$. Průsečíkem těchto přímek *l*, *p* by měl být bod Z [Z_1; Z_2], jehož souřadnice Z_2 se bude svou hodnotou blížit Z_{min} příslušného příčného profilu (*obr. 4*).

Při odvození vztahu pro výpočet čísla *n* je nutné vycházet ze směrnicových rovnic přímek *l*, *p* (7), (8). Čísla k_l, k_p jsou směrnice přímek *l*, *p*. Obecně platí, že směrnice *k* přímky je rovna tangentě úhlu, který svírá přímka s kladnou poloosou *x*. Z toho plyne, že ze vztahů (7) a (8) je možné sestavit rovnici:



Obr. 5. Příklad příčného profilu s dobrou shodou (nahoře), neshodou minimální úrovně koryta extrapolovaného pomocí metody linear estimation (dole) [1]
Fig. 5. An example of a cross-section showin good match (above), discrepancy of the minimal level of channel bottom extrapolated by the linear estimation method (down) [1]

$$tg\,(n\alpha)\,x + q_l = tg\,(n\beta)\,x + q_p \qquad (12)$$

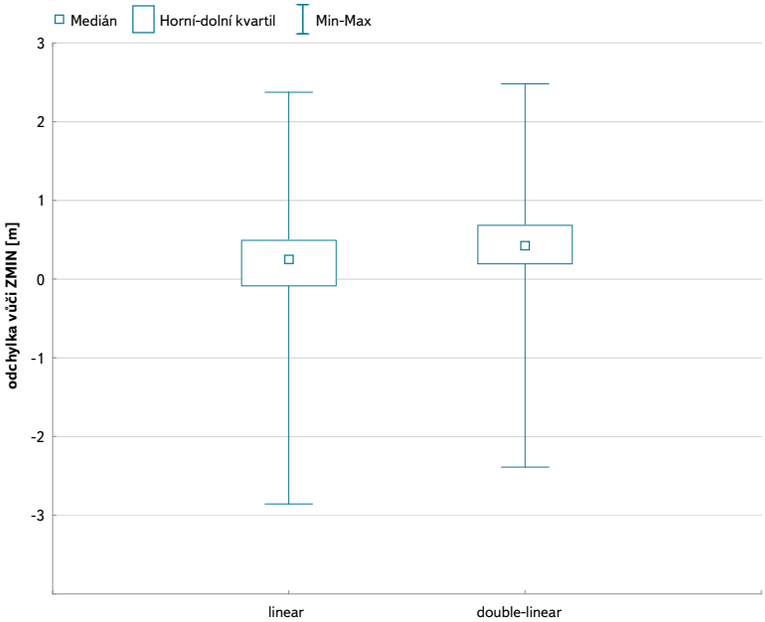
I zde musí současně platit podmínky:

pravá strana rovnice: $\pi - n\alpha < \pi \wedge \pi - n\alpha > \frac{\pi}{2}$ (13)

levá strana rovnice: $n\beta < \frac{\pi}{2} \wedge n\beta > 0$ (14)

Je-li známo, že otáčející se přímka *l* prochází bodem B a přímka *p* bodem C, umožňuje vztah (12) pro každý příčný profil najít optimální hodnotu čísla *n*, a tím přiblížení k Z_{min} daného příčného profilu.

Uvedený problém je možné řešit více způsoby. V rámci této studie bylo využito programovacího jazyka Python. Základem sestaveného kódu je rovnice (9), do níž vstupují násobky původních úhlů *α*, *β*. Obecně je tedy výpočet založen na zvyšování *n* od minima, plynoucího z podmínek (13) a (14), o velmi malý krok (např. 10^{-5}). Přitom je nutné zajistit opakované přepočítávání hodnot *nα*, *nβ*, q_l, q_p a souřadnice Z_2, která určuje nadmořskou výšku průsečíku. V okamžiku, kdy je poprvé zaznamenána hodnota Z_2 nižší než Z_{min}, výpočet se zastaví a hodnota *n* se sníží o hodnotu jednoho kroku, pro který je rovněž zjištěna hodnota Z_2. Nakonec je vybrána ta hodnota *n*, při níž je absolutní hodnota rozdílu vůči Z_{min} menší.



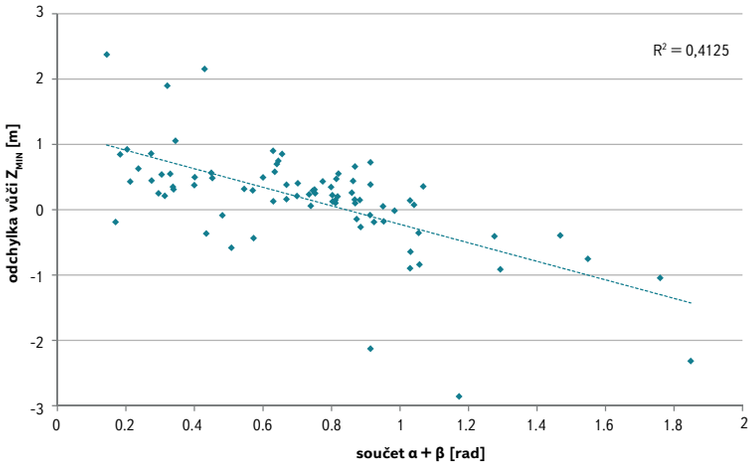
Obr. 6. Krabicový graf odchylek nejnižšího bodu extrapolovaného dna vůči Z_{min} zaměřené geodeticky
Fig. 6. Boxplot of the deviations of the lowest level in the extrapolated cross sections using the linear and double-linear estimation method [1] from the in situ geodetic measurements

VÝSLEDKY

Analýza zpracovaných příčných profilů ukázala, že při využití lineární extrapolační metody podle Mersela a kol. [1] je možné dosáhnout poměrně reálného údaje minimální úrovně dna Z_{min}. Mezi jednotlivými profily však byla zaznamenána značná variabilita (*obr. 5*). Dokládají to údaje uvedené v *tabulce 2*. Průměrná odchylka minima činí +0,16 m, hodnota mediánu +0,71 m a směrodatná odchylka +0,77 m. Z toho vyplývá, že tato extrapolační metoda z hlediska průměru úroveň dna spíše nadhodnocuje. Je tedy zřejmé, že snížením sklonu

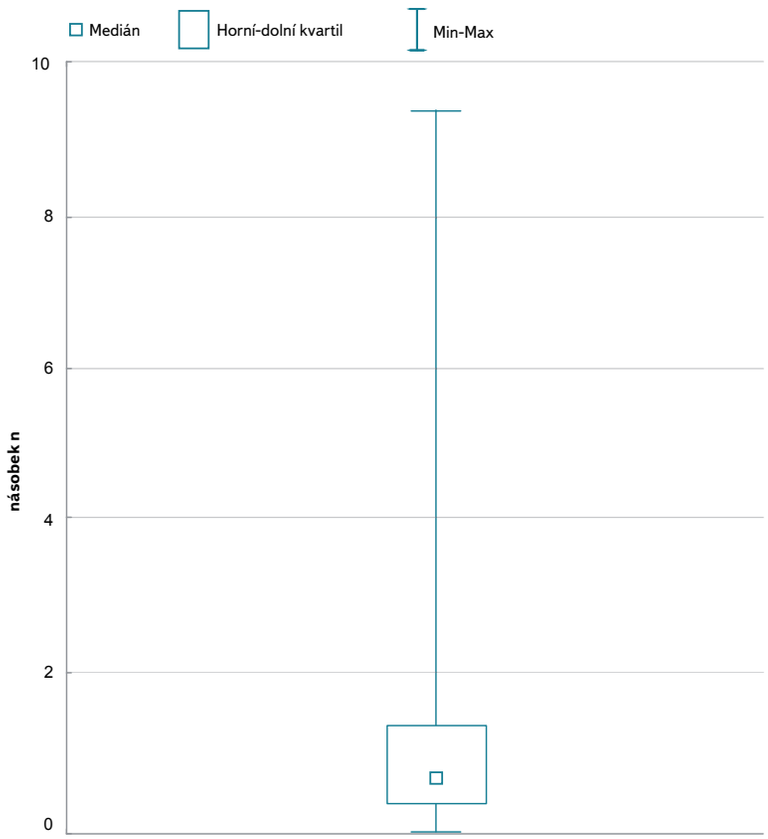
Tabulka 2. Popisné statistiky odchylek nejnižší úrovně extrapolovaného dna vůči Z_{min} při použití metody linear, double-linear a násobku n sklonů břehů příčných profilů
Table 2. Descriptive statistics' overview – deviations of the lowest level in the extrapolated cross sections using the linear, double-linear estimation method [1] and multiplier n method from the in situ geodetic measurements

Charakteristika	Průměr	Medián	Min.	Max.	Dolní kvartil	Horní kvartil	Směrodatná odchylka
odchylka linear [m]	+0,16	+0,25	-2,86	+2,37	-0,09	+0,49	+0,77
odchylka double-linear [m]	+0,42	+0,42	-2,39	+2,48	+0,19	+0,68	+0,68
násobek n	1,30	0,71	2.10^{-5}	9,48	0,37	1,40	1,75



Obr. 7. Vztah odchylky nejnižší úrovně dna koryt extrapolovaných metodou linear a součtu sklonů břehů α + β příčných profilů

Fig. 7. Relationship of the deviations of the lowest level in the extrapolated cross sections using the linear and double-linear estimation method [1] from the in situ geodetic measurements and sums of banks' slopes for each cross section



Obr. 8. Krabicový graf optimálních násobků *n* sklonů břehů *α, β*

Fig. 8. Boxplot of optimal values of multiplier *n*

břehů na polovinu původní hodnoty žádného zlepšení dosáhnout nelze. Pro úplnost jsou však i pro tuto extrapolaci hodnoty základních popisných statistik uvedeny. Pro přehlednost jsou na *obr. 6* vyobrazeny krabicové grafy odchylek extrapolované minimální úrovně dna od minima zaměřeného v terénu při aplikaci obou uvedených metod.

Dále se ukázalo, že výsledná odchylka dosažené minimální úrovně příčných profilů vůči úrovni Z_{min} vykazuje určitou závislost na součtu úhlů břehů $\alpha + \beta$. Obecně se dá tvrdit, že pro nízké hodnoty součtů sklonů břehů dochází převážně k nadhodnocení minimální úrovně dna extrapolovaného koryta a naopak (*obr. 7*). Hodnota korelačního koeficientu činí 0,64 (tj. střední závislost). Největší shody je dosahováno nejčastěji v rozmezí hodnot součtu $\alpha + \beta$ přibližně 0,8 až 1,0 rad (tj. přibližně 45° až 57°). Nicméně, pro jednoznačnější výsledky by bylo potřebné shromáždit větší soubor příčných profilů.

Snahou bylo také nalézt optimální hodnotu násobku *n* úhlů *α, β*. Postupem blíže popsaným výše bylo zjištěno, že průměrná hodnota násobku *n* činí pro soubor osmdesáti dvou profilů 1,30, hodnota mediánu je 0,71. Krabicový graf charakterizující rozložení hodnot n je uveden na *obr. 8*. Závislost rozložení těchto hodnot na poměru sklonů obou břehů *α, β*, jejich součtu ani poměru se neprokázala.

ZÁVĚR

Aplikace metody lineárních extrapolací břehů koryt z DMT vytvořeného z datové sady DMR 5G za účelem nalezení minimální úrovně koryta ukázala, že tato metoda v převážné části případů vede k mírnému nadhodnocování minimální úrovně dna (průměrně o +0,16 m). Z toho plyne, že vhodným krokem vedoucím ke zpřesnění by bylo zvýšení sklonů břehů o jistý násobek *n* (pro konkrétní analyzovaný soubor profilů je to průměrně 1,30). Do úvahy je však nutné brát skutečnost, že úspěšnost interpolace zde není hodnocena vzhledem k výstupům hydrodynamického modelování, ale čistě vzhledem k nejnižší úrovni koryt vodních toků. V tomto duchu je potřeba k této studii a jejím výsledkům přistupovat.

Problematickým aspektem extrapolační metody je kromě již zmíněných chyb datové sady DMR 5G (úplná střední chyba, maximální chyba) také subjektivita vymezení břehů koryt, resp. jejich počátečních a koncových bodů. Vymezení může být v jednotlivých případech nejednoznačné s ohledem na proměnlivost sklonů. Další limitující skutečností je zatím poměrně omezený vzorek příčných koryt a úseků toků, pro které byla analýza provedena. K podrobnějšímu hodnocení metody by bylo žádoucí soubor příčných profilů významně rozšířit a zohlednit při tom i variabilitu koryt z hlediska jejich geometrie a z ní vyplývající nepřesnosti digitálního modelu terénu v úrovni koryta (bystřiny, zarostlá koryta, koryta s podemletými břehy, koryta se svislými břehovými zdmi, lichoběžníková koryta aj.). To by umožnilo detailně analyzovat vzájemné vztahy mezi výsledky extrapolačních metod a lépe identifikovat parametry příčných profilů a jejich kombinace ovlivňující úspěšnost extrapolace koryta. Díky tomu bude možné vyvinout robustní metody extrapolace koryt definovaných parametrů z podkladů, kde úplná topografie koryt vodních toků není vykreslena.

Literatura

[1] MERSEL, M.K., SMITH, L.C., ANDREADIS, K.M., and DURAND, M.T. Estimation of river depth from remotely sensed hydraulic relationships. *Water Resources Research*, 2013, 49, p. 3165–3179.

[2] MERWADE, V. Uncertainty in flood inundation mapping: current issues and future directions. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2008, 13, p. 608–620.

[3] JUNG, Y.H. and MERWADE, V. Uncertainty Quantification in Flood Inundation Mapping Using Generalized Likelihood Uncertainty Estimate and Sensitivity Analysis. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2012, 17, p. 507–520.

[4] DOTTORI, F., DI BALDASSARRE, G., and TODINI, E. Detailed data is welcome, but with a pinch of salt: Accuracy, precision, and uncertainty in flood inundation modeling. *Water Resources Research*, 2013, 49, p. 6079–6085.

[5] BROCCA, L., MELONE, F., MORAMAREO, T. A continuous rainfall-runoff model as a tool for the critical hydrological scenario assessment in natural channels In: TANIGUCHI, M., BURNETT, W.C., FUKUSHIMA, Y., UMEZAWA, Y. (Eds.). *International Conference on Hydrological Changes and Management from Headwaters to the Ocean*. Kyoto, Japan: CRC PRESS-TAYLOR & FRANCIS GROUP, 2009, p. 175–179.

[6] PARODI, U. and FERRARIS, L. Influence of stage discharge relationship on the annual maximum discharge statistics. *Natural Hazards*, 2004, 31, p. 603–611.

[7] BRACHTL, I. a TAUS, K. *Súčinitele drsnosti otvorených kanálov*. Bratislava: VÚV, 1962, 42 s.

[8] PAPPENBERGER, F., BEVEN, K., HORRITT, M., and BLAŽKOVÁ, Š. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations. *Journal of Hydrology*, 2005, 302, p. 46–69.

[9] SMELÍK, L. *Návrh metodiky stanovení součinitele drsnosti otevřených koryt*. Dizertační práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2015, 131 s.

[10] LAGACHERIE, P., MOUSSA, R., MORMARY, D., and MOLENAT, J. Effects of DEM data source and sampling pattern on topographical parameters and on a topography-based hydrological model. In: KOVAR, K., NACHTNEBEL, H. P. (Eds.). *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Sources Management*. Vienna: IAHS, 1996, 235, p. 191–199.

[11] HARDY, R.J., BATES, P.D., and ANDERSON M.G. The importance of spatial resolution in hydraulic models for floodplain environments. *Journal of Hydrology*, 1999, 216, p. 124–136.

[12] HORRITT, M.S. A methodology for the validation of uncertain flood inundation models. *Journal of Hydrology*, 2006, 326, p. 153–165.

[13] RABER, G.T., JENSEN, J.R., HODGSON, M.E., TULLIS, J.A., DAVIS, B.A., and BERGLUND, J. Impact of LiDAR nominal post-spacing on DEM accuracy and flood zone delineation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2007, 73, p. 793–804.

[14] JUNG, Y. and MERWADE, V. Estimation of uncertainty propagation in flood inundation mapping using 1-D hydraulic model. *Hydrological Processes*, 2015, 29, p. 624–640.

[15] MANFREDA, S., NARDI., F., SAMELA, C., GRIMALDI, S., TARAMASSO, A. C., ROTH, G., and SOLE, A. Investigation on the use of geomorphic approaches for the delineation of flood prone areas. *Journal of Hydrology*, 2014, 517, p. 863–876.

[16] ALRAJHI, M., KHAN, M., KHAN, M.A., and ALOBEID, A. Influence of DEM in Watershed Management as Flood Zonation Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, 41.

[17] BATES, P.D. Remote sensing and flood inundation modeling. Hydrological Processes, 2004, 18, p. 2593–2597.

[18] QUADROS, N.D., COLLIER, P.A., and FRASER, C.S. Integration of bathymetric and topographic LiDAR: a preliminary investigation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2008, 36, p. 1299–1304.

[19] SMEECKAERT, J., MALLET, C., and DAVID, N. Large-scale classification of water areas using airborne topographic lidar data. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 138, p. 134–148.

[20] TSUBAKI, R. and KAWAHARA, Y. The uncertainty of local flow parameters during inundation flow over topographies with elevation errors. *Journal of Hydrology*, 2013, 486, p. 71–87.

[21] DAL CIN, C., MOENS, L., DIERICKS, P., BASTIN, G., and ZECH, Y. An integrated approach for realtime floodmap forecasting on the Belgian Meuse river. *Natural Hazards*, 2005, 36, p. 237–256.

[22] WESTAWAY, R.M., LANE, S.N., HICKS, D.M. Remote sensing of clear-water, shallow, gravel-bed rivers using digital photogrammetry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2001, 67, p. 1271–1281.

[23] SANDERS, B.F. Evaluation of on-line DEMs for flood inundation modeling. *Advances on Water Resources*, 2007, 30, p. 1831–1843.

[24] HILLDALE, R.C. and RAFF, D. Assessing the ability of airborne LiDAR to map river bathymetry. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2008, 33, p. 773–782.

[25] PODHORANYI, M. and FEDORCAK, D. Inaccuracy introduced by LiDAR-generated cross sections and its impact on 1D hydrodynamic simulations. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 73, p. 1–11.

[26] NAKI DF12P01OVV035 Identifikace významných území s kulturně historickými hodnotami ohroženými přírodními a antropogenními vlivy (2012–2015, Ministerstvo Kultury ČR).

[27] ZÚ & VGHÚ. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace* (DMR 5G), 2016.

Autor

Mgr. Martin Caletka[1,2]
✉ martin.caletka@vuv.cz

[1]Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno
[2]Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita v Brně

Příspěvek prošel lektorským řízením.

POSSIBILITIES OF EXTRAPOLATION OF DIGITAL TERRAIN MODEL RASTER DMR 5G

CALETKA, M.[1, 2]

[1]TGM Water Research Institute, p. r. i., Brno Branch
[2]Department of Geography, Faculty of Science, Masaryk University

Keywords: Digital Model of Relief 5th Generation — DMR 5G — digital model of terrain — extrapolation — GIS — channel geometry

Airborne laser imaging (LiDAR) has been carried out throughout the Czech Republic, enabling the creation of raster of digital model of terrain. This material is widely used in various fields. From the point of view of hydrology demands, however, the shortcoming of this technology resides in the absence of accurate/complete channel topography due to the absorption of the near-infrared laser beams by water. Therefore, it is necessary to correct the data by replacing parts the original raster by more accurate data, such as geodetic or sonar measurements. However, there are some procedures that allow extrapolation of the geometry directly from the original rasters, based on the bank slopes within cross sections. In this work, linear and double-linear procedure applied by Mersel et al. [1] is used.

The presented paper is an introductory step towards the use of similar extrapolation procedures. In total, 82 cross sections were measured by theodolite. Subsequently, raster DMR 5G (Digital Model of Relief 5th Generation) was used for the extraction of 82 corresponding cross sections, on which the extrapolation was performed. The analysis revealed that the linear estimation method by Mersel et al. [1] results in slight overestimation of the minimum level of the bottom over the actual measured values (measured in situ). However, it should be noted that the analysis has so far been performed purely on the basis of comparison with the minimal level within cross sections, not taking into account the impact on the results of hydrodynamic modelling, for instance.

Dlouhodobé kolísání průtoků Vltavy v Praze

LADISLAV KAŠPÁREK

Klíčová slova: průměrný průtok — reprezentativní období pozorování — periodicita průtoků — geomagnetický sluneční cyklus

SOUHRN

První část studie obsahuje doporučení pro výběr reprezentativního období pozorování pro výpočet charakteristik průměrných průtoků. Je to výsledek analýzy časové řady průtoků Vltavy v Praze s počátkem v roce 1801. V další části jsou zkoumány možnosti predikce 10letých klouzavých průměrů průtoku využívající autoregresní model. Je prokázáno, že 7leté nebo 10leté klouzavé průměry průtoků mají průběh podobný jako geomagnetický 22letý cyklus Slunce. Z korelace mezi průměrnými ročními průtoky a maximálními kulminačními průtoky vyplývá, že kolísání víceletých průměrných průtoků z podstatné části odpovídá i výskytu a velikosti povodní.

ÚVOD

Charakteristiky průtoků jsou základem pro vodohospodářská řešení zásobování vodou, ochranu množství i kvality vod, stavební projekty na tocích i jejich okolí a řadu dalších oblastí hospodářských aktivit. Při jejich zpracování se často přepokládá, že proces, který popisují, je stacionární, takže charakteristiky popisující minulý stav jsou nejlepším odhadem stavu budoucího. Ve skutečnosti většinou potřebujeme poskytnout charakteristiky popisující poměry v konkrétním budoucím období o délce několika desetiletí, tedy dlouhodobou předpověď. V první kapitole studie je obsaženo doporučení pro volbu reprezentativního období, ze kterého se charakteristiky průměrných průtoků odvozují. V další části jsou zkoumány možnosti předpovědi trendu změn průměrných průtoků v měřítku víceletých období. V současné době, kdy se klimatické poměry dosti rychle mění, je třeba věnovat pozornost periodickým vlastnostem hydrologických procesů. Bez jejich uvážení se zvětšuje pravděpodobnost, že probíhajícím změnám přisoudíme neodpovídající vysvětlení.

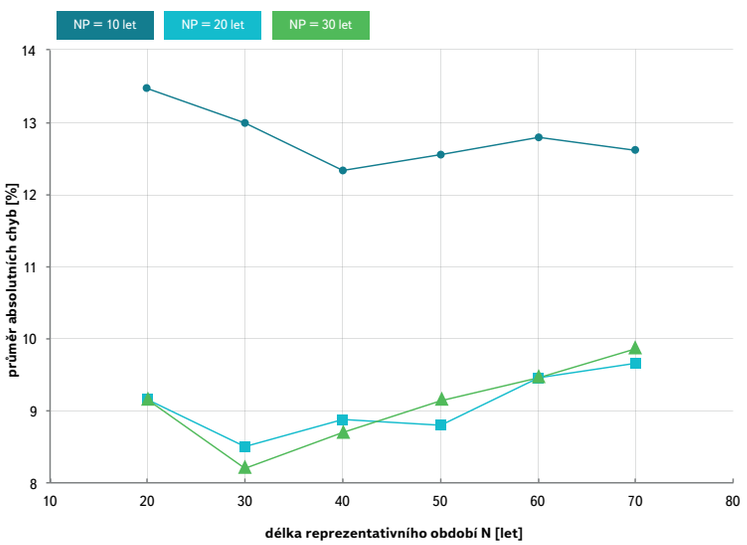
VÝZKUM VOLBY OBDOBÍ POUŽITÉHO PRO ZPRACOVÁNÍ CHARAKTERISTIK PRŮTOKŮ

Ve Výzkumném ústavu vodohospodářském byl řešen úkol Metody výpočtu hydrologických dat v měnících se podmínkách. Jedním z jeho výstupů byla výzkumná zpráva [1] a referát [2]. Výzkum byl zaměřen na problematiku volby návrhového období, používaného pro odvození charakteristik průměrných průtoků. Otázkou bylo, zda při narůstající délce pozorovaných řad má být reprezentativní období použité v minulosti prodlužováno, nebo je vhodnější používat období o délce několika desítek let končící krátce před zpracováním charakteristik.

Při volbě reprezentativních období před rokem 1980 byla snaha využívat co nejdelší výchozí období pozorování. Při výběru období pro zpracování hydrologických charakteristik bylo vždy posouzeno, zda charakteristiky použitého období jsou dostatečně blízké charakteristikám vypočteným z nejdelších dostupných řad. Tato shoda byla používána jako argument pro oprávněnost volby užitého období. Tento přístup předpokládá, že řady jsou stacionární, takže odhad charakteristik z minulých řad za co nejdelší období je také nejvhodnějším odhadem pro budoucnost.

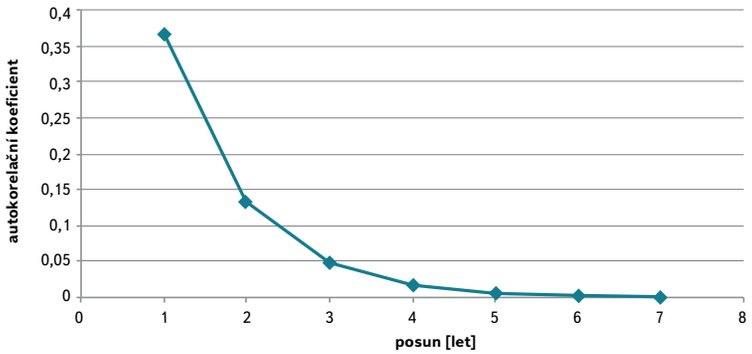
Zkoumání časových meteorologických a hydrologických řad i jevů, které mohou tyto řady ovlivnit, ukazuje, že kromě krátkodobých kolísání (v měřítku menším než 3–5 let) existují i dlouhodobé změny s časovým měřítkem desítky i stovky let. Jen v omezené míře jsme schopni je identifikovat a matematicky popsat a ještě méně je umíme vysvětlit. Je velmi pravděpodobné, že většina takových kolísání má charakter, ovlivněný periodickými i náhodnými vlivy. Odhad hydrologických charakteristik ze zvoleného období může pak být citlivý na poměr délky i umístění reprezentativního období vzhledem k periodické složce průtokových řad.

Pro posouzení, jak délka reprezentativního období ovlivňuje chyby předpovědi průměrného průtoku na dobu 20 let, byla ve studii [1] použita řada průměrných ročních průtoků Vltavy v Praze z období 1801–1996. V použitém postupu simulujícím extrapolace průtoků v každém roce se předpokládá, že průměrný průtok z předchozích N let pozorování bude stejný i v následujících NP letech. Délka výchozí řady N byla zvolena 20, 30, 40, 50, 60 a 70 let, délka předpovědního období NP byla zvolena 10, 20 a 30 let. Podle průměru absolutních hodnot odchylek takto extrapolovaného průměrného průtoku od pozorované hodnoty byla vyhledávána optimální délka návrhového období.

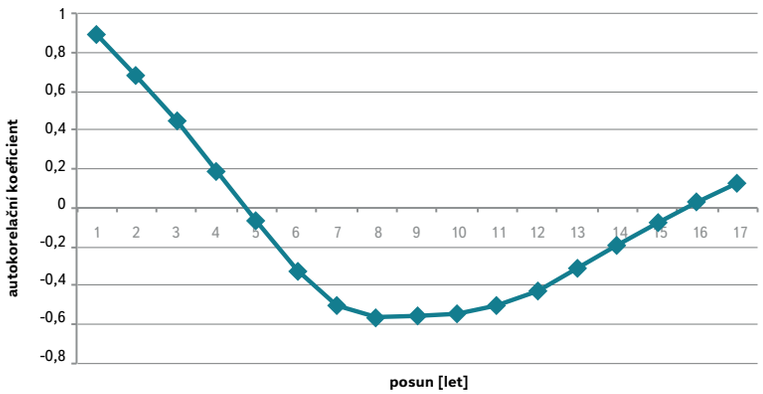


Obr. 1. Průměry absolutních hodnot chyb předpovídaných průměrných průtoků pro období délky NP let získané z pozorování délky N let

Fig. 1. Average absolute deviation of the predicted average flow for the period length NP years derived from observation of length N years



Obr. 2. Autokorelační funkce řady průměrných ročních průtoků řady 1801–1996
Fig. 2. Autocorrelation function of annual mean flow series for the period 1801–1996



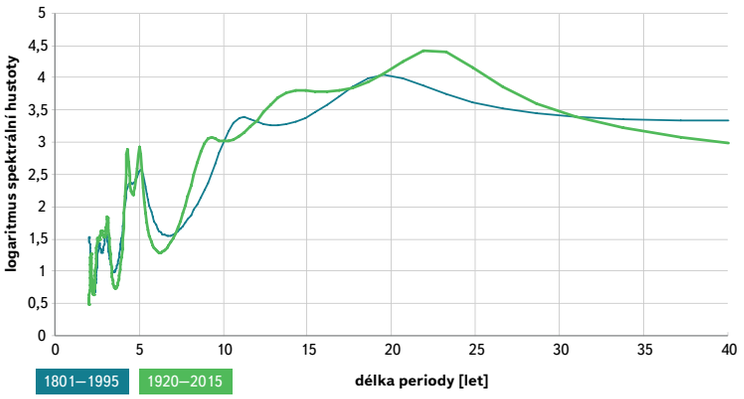
Obr. 3. Autokorelační funkce řady 10letých klouzavých průměrných průtoků 1801–1996
Fig. 3. Autocorrelation function of 10-year moving averages of the annual mean flow series for the period 1801–1996

Na *obr. 1* je vynesen průměr absolutních hodnot chyb předpovědí pro uvedené délky NP v závislosti na délce výchozího období N. U délky předpovědního období NP = 10 let očividně převažuje vliv kolísání desetiletých průměrů nad vlivem délky výchozího období, nejmenší průměr absolutních hodnot je u trvání výchozího období N = 40 let. Průměr absolutních hodnot chyb předpovědí je u trvání předpovědního období NP = 20 a 30 let podstatně menší, pro délky výchozího období 30 let má minimum blížící se 8 %. Ze zobrazených výsledků byl vyvozen závěr: z hlediska soustavného vychýlení se jeví jako vhodnější výchozí období pro výpočet s kratšími délkami, přecházející době zpracování, podle průměru absolutních chyb o délce 30 až 40 let. Pro aktuální zpracování průměrných a m-denních průtoků v ČHMÚ bylo v souladu s tímto doporučením zvoleno období 1981–2010, viz [3].

PERIODICKÉ SLOŽKY DLOUHODOBÉHO KOLÍSÁNÍ PRŮTOKŮ

Součástí studie [1] byl také pokus ověřit, zda pro odhad průměrného průtoku za víceletá období lze s přijatelnou spolehlivostí použít extrapolaci využívající autokorelační vazby mezi ročními průměrnými průtoky.

V průběhu klouzavých průměrů řad ročních průtoků a srážek se objevují prvky periodických kolísání. Ta můžeme popsat autokorelačním, resp. autoregresním modelem, pokud takový model uvažuje i vzdálenější autokorelační vazby mezi členy řady. Pro posouzení možností aplikace této metody pro odhad vývoje dlouhodobých změn průtoků na zvolené období jsme využili program [3].



Obr. 4. Spektrální hustota 7letých klouzavých průtoků vypočítaných z řad 1801–1995 a 1920–2015
Fig. 4. Spectral density of 7-year moving average flow calculated from the 1801–1995 and 1920–2015 series

Autokorelační funkce řady průměrných ročních průtoků na *obr. 2* svědčí pouze o přenosu zásob vody z předcházejícího do následujícího roku, žádné vzdálenější vazby neukazuje. Z autokorelační funkce průtoků za víceletá období, např. ze sedmiletých klouzavých průměrů, lze na periodické složky v průtokových řadách usuzovat, viz *obr. 3*.

Pro řady klouzavých průměrů ročních průměrných průtoků s intervalem průměrování 2 až 15 let byly vypočteny spektrální hustoty. Pro každý interval průměrování byla vyhledána délka periody s maximální hodnotou spektrální hustoty. Výsledky shrnuje *tabulka 1*. Nejvýznačnější periody se při délkách průměrování méně než 10 let pohybují v rozmezí 16 až 19 let, při průměrování 10 až 14 let délka periody soustavně stoupá od 19 do 25 let. Příklad průběhu spektrální hustoty pro sedmileté průměry ročních průměrných průtoků je na *obr. 4*. Podle tohoto grafu pro řadu obsahující i pozorování z 19. století je největší hodnota spektrální hustoty u délky periody 19 let, pro řadu od roku 1920 do 2015, kde je periodické kolísání zřetelnější, 22 let.

Program [4] poskytuje i délku období, na které je opodstatněné předpovídat (dosah předpovědi). Proměna této veličiny s délkou průměrování je patrná z *tabulky 1*. Pro intervaly průměrování od 9 do 14 let a také pro interval průměrování 7 let je dosah předpovědi podstatně větší, než pro intervaly průměrování kratší nebo delší.

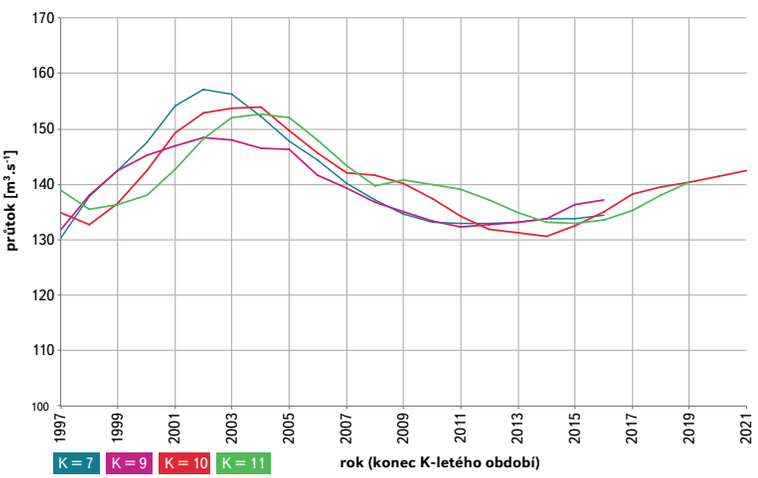
Pro řady klouzavých průměrů s intervalem průměrování 2 až 15 let byly v roce 1996 vypočteny předpovědi autoregresním modelem, popsaným například ve skriptech ČVUT [5]. Při výpočtech byl stupeň regrese zvolen 15, na délce průměrování zřejmě systematicky nezávisí, viz *tabulka 1*.

Předpovědi pro průměry z období o délce K = 7, 8, 9, 10 a 11 let jsou na *obr. 5*. Ukázalo se, že rámcově indikovaly dlouhodobé kolísání průtoků s koncem vodného období v letech 2003–2004 a s následujícím obdobím s menšími průtoky až do let 2011–2014. Výpočty ukazují, že předpověď není zásadním způsobem ovlivněna tím, jaký interval průměrování použijeme, pokud bude z použitého rozmezí.

Tabulka 1. Délka významných period a optimální stupeň autoregresního modelu pro různé délky průměrování řady průtoků
Table 1. Significant period length and optimal degree of the autoregressive model for different averaging lengths of flow series

Interval průměrování [let]	Řád regrese	Délky periody [let]	Dosah předpovědi [let]
2	11	1)	3
3	14	17	4
4	14	16	5
5	11	17	6
6	15	19	7
7	15	19	24
8	12	17	8
9	12	17	22
10	11	19	26
11	13	20	24
12	15	22	29
13	15	23	28
14	15	25	37
15	12	1)	16

1) širokopásmové spektrum bez zřetelného maxima



Obr. 5. Předpovědi K-letých průměrných průtoků vypočítané autoregresními modely
Fig. 5. Predictions of K-year moving average flows calculated by autoregression models

V další etapě výzkumu jsme posoudili, zda při použití autoregresních předpovědí klouzavých průměrů (zvolili jsme délku průměrování 10 let) pro předpověď na 10 let získáme předpovědi úspěšnější, než při předpovědi při extrapolaci předcházejícího průměrného průtoku. Autoregresní model se může lišit řádem, ale také volbou období, podle kterého jsou odvozovány autoregresní koeficienty. Dále uvedené výsledky jsou předpovědi desetiletých klouzavých průměrů podle autokorelačních koeficientů odvozených z celé řady 1801–1995. Řád regrese byl zvolen 11 let. Numerický pokus simuloval předpověď zpracovanou v každém roce od dvanáctého roku řady. Výstupem programu jsou předpovědi desetiletých klouzavých průměrů na NP následujících let. Pro posouzení, zda použití regresních předpovědí vede k lepším odhadům, než předpověď podle průměru předcházejícího období nebo než užití konstantního dlouhodobého průměru, byl vypočten pro každou předpověď průměr absolutních hodnot odchylek předpovědí od pozorovaných hodnot za předpovídané období. Tyto charakteristiky chyb byly pro každý rok porovnány s analogicky vypočtenými ukazateli „setrvalých" předpovědí podle předcházejícího průměrného průtoku za 10 let a s analogicky vypočtenými ukazateli odchylek pozorovaných průtoků od dlouhodobého průměru. Extrémy průměrů odchylek jsou u regresních předpovědí znatelně menší, než u odchylek od dlouhodobého průměru, totéž platí (i když méně výrazně) pro porovnání s průměry odchylek předpovědí podle předcházejícího průměru. Pro výsledné porovnání byly vypočteny průměry z průměrných absolutních hodnot odchylek ze všech předpovědí v jednotlivých letech pro použité předpovědní postupy. Jsou uvedeny v *tabulce 2* a ukazují, že regresní předpovědi v průměru vedou k menším odchylkám.

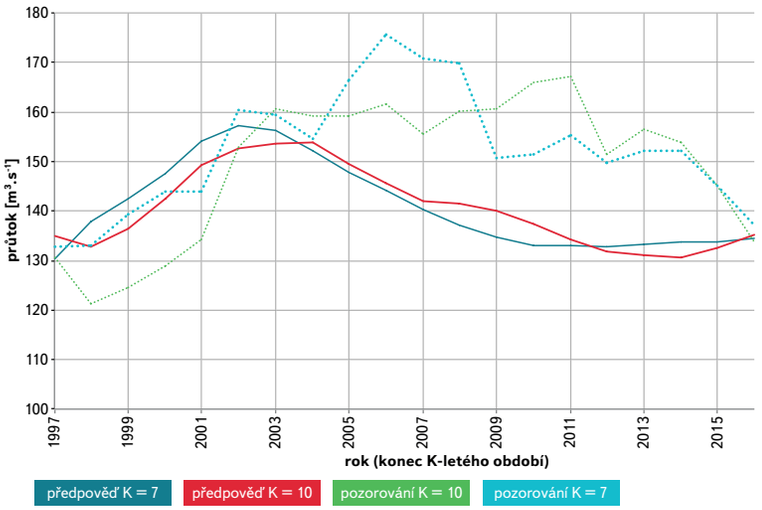
Tabulka 2. Porovnání průměrů absolutních hodnot chyb předpovědi podle různých postupů výpočtu
Table 2. Comparison of averages absolute forecast errors according to different calculation procedures

Postup výpočtu předpovědi	Průměr absolutních hodnot odchylek [$m^3 . s^{-1}$]
dlouhodobý průměr	14,55
předcházející desetiletý průměr	10,23
autoregresní funkce	8,21

V současné době uplynulo od zpracování výše popsaných výpočtů předpovědí 18 let, takže můžeme posoudit, zda předpovědi podle autoregresního modelu mohly poskytnout alespoň částečně použitelné informace o vývoji průměrných průtoků Vltavy v Praze. Na *obr. 6* jsou zobrazeny průběhy předpovězené a průběhy vypočítané podle pozorování, pro délky průměrování K = 7 a 10 let. Z obrázku je patrné, že do roku 2004 vystihly u obou délek průměrování postupný nárůst průměrných průtoků. Předpověď pro K = 7 se nijak zásadně neodchyluje od pozorovaného průběhu. V pokračujícím úseku řady po roce 2005 předpovědi sice indikují postupný rámcový pokles průměrných průtoků až do roku 2015, v absolutních velikostech průtoku jsou však realitě značně vzdálené. Z těchto výsledků můžeme usuzovat, že předpovědi autoregresním modelem mohou poskytnout použitelné informace jen s předstihem několika let.

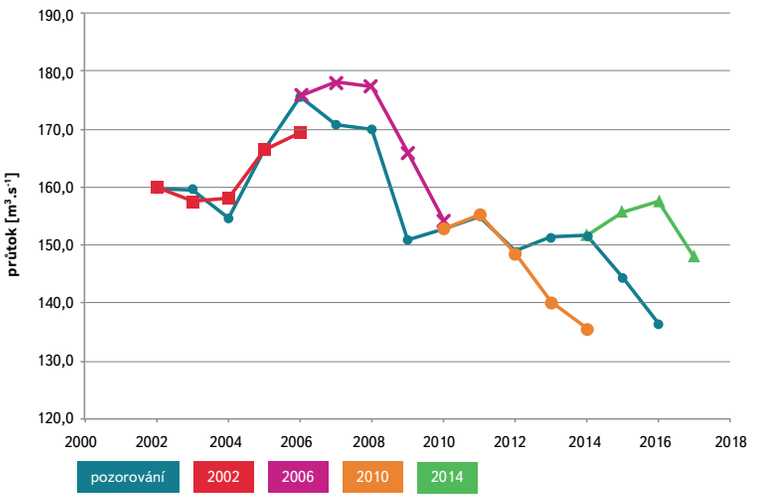
Podle tohoto poznatku jsme vypočítali simulaci předpovědí sedmiletých průměrných průtoků autoregresním modelem v dvouletém intervalu počínaje rokem 2002, vždy na následujících 5 let. Takto vypočítané průběhy spolu s průběhem sedmiletých průměrných průtoků podle pozorování jsou na *obr. 7*. Předpovědi by v posuzovaném období přijatelně indikovaly dlouhodobé tendence změn průměrných průtoků.

Možnostmi dlouhodobých předpovědí pomocí harmonického modelu PYTHIA a autoregresního modelu klouzavých průtoků se zabývala Pekárová [6]. Podle výsledků z modelu PYTHIA má být víceleté suché období 2013–2020. Výrazně průtokově podprůměrné roky v období po roce 2015 předpovídal i sezonní autoregresní model (SARIMA) [6].



Obr. 6. Předpovědi klouzavých průtoků K-roků vypočtených v roce 1996 autoregresními modely ve srovnání s pozorovanými hodnotami

Fig. 6. Predictions of K-years moving average flows calculated in 1996 by autoregressive models compared with observed values



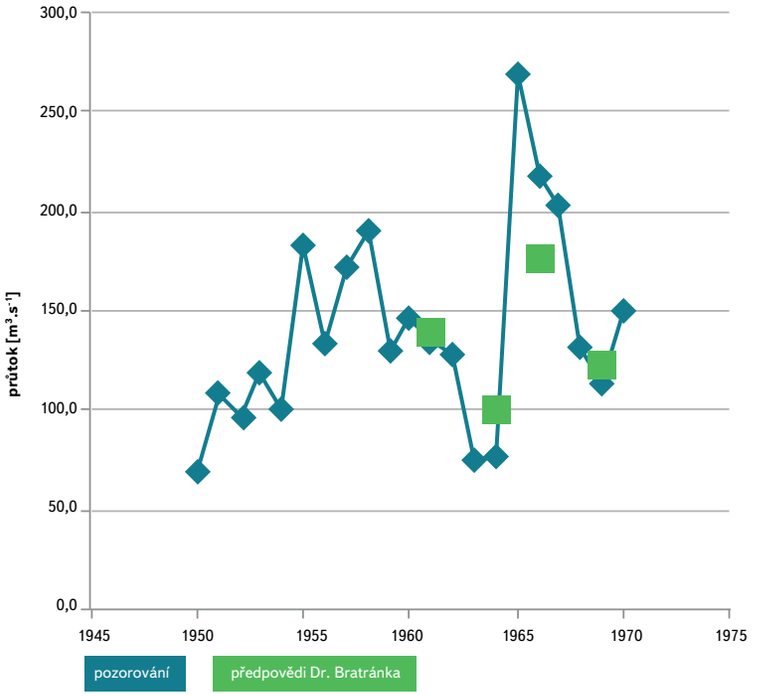
Obr. 7. Simulace postupných předpovědí průměrných sedmiletých průtoků vypočítané po dvou letech, s předstihem 1 až 5 let

Fig. 7. Simulation of successive predictions of 7-year moving average flow calculated every two years with forecast horizon 1 to 5 years

SOUVISLOSTI DLOUHODOBÉHO KOLÍSÁNÍ PRŮTOKŮ S GEOMAGNETICKÝM SLUNEČNÍM CYKLEM

Před rokem 1965 zpracoval Bratránek [7] předpověď výskytu maxim a minim průměrných ročních průtoků Vltavy v Praze podle postupu, v kterém se používaly časové vazby mezi průběhem počtu slunečních skvrn a výskytem extrémů ročních průměrných průtoků. *Obrázek 8* ukazuje, že jeho předpověď byla úspěšná. Při pokusech o další aplikace jím navrženého postupu jsme shledali, že předpokládané časové relace se dlouhodobě nezachovávají.

Podle *obr. 4* je pro sedmileté klouzavé průměry pro řadu průtoků Vltavy v Praze s počátkem v roce 1801 charakteristická perioda s délkou 19 let, v pozdějším období 22 let, u řad průměrných ročních srážek podle [1] také 22 let, což je dvojnásobek střední délky jedenáctileté periody kolísání počtu slunečních



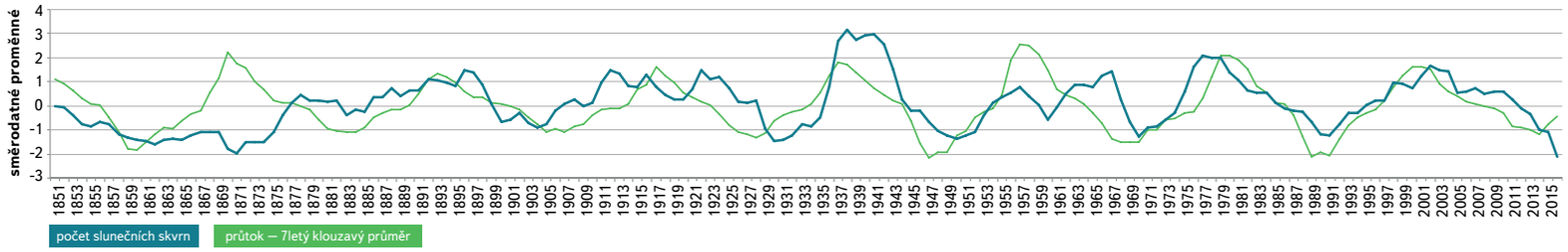
Obr. 8. Průběh průměrných ročních průtoků Vltavy v Praze a predikce vypočítané Bratránkem [7]

Fig. 8. Average annual flow of the Vltava River in Prague and the prediction calculated by Bratránek [7]

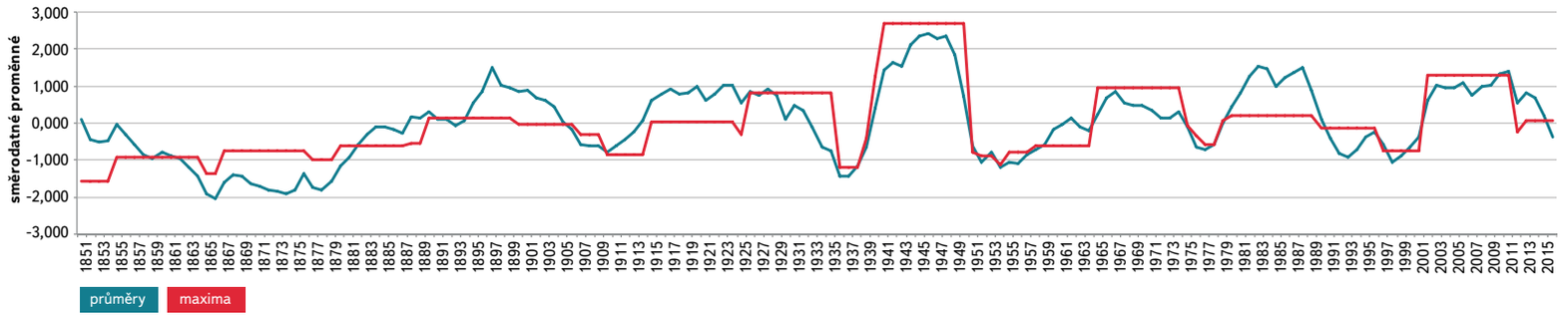
skvrn. Délku periody 22 let má Haleův cyklus magnetického pole Slunce, který vyplývá z toho, že vždy za 11 let se magnetické pole Slunce přepóluje a za dalších 11 let se přepóluje zpět, viz [8]. Pro posouzení zda dlouhodobé kolísání průtoků Vltavy může souviset s Haleovým cyklem, jsme řadu počtu slunečních skvrn transformovali tak, že počty každého druhého cyklu jsme vynásobili číslem -1. Takto získaný průběh je na *obr. 9* zobrazen společně s průběhem sedmiletých klouzavých průměrů ročních průměrných průtoků, obě veličiny jsou transformované na směrodatné proměnné. Ze sedmi cyklů z období 1851–2015 lze v pěti shledat příznaky podobnosti. Koeficient korelace mezi pořadnicemi magnetického cyklu a klouzavými průměrnými sedmiletými průtoky je 0,61. Můžeme tedy usuzovat, že kolísání průtoků v použitém měřítku nějakým způsobem, který neznáme, souvisí s geomagnetickým Haleovým cyklem Slunce.

Poznámka

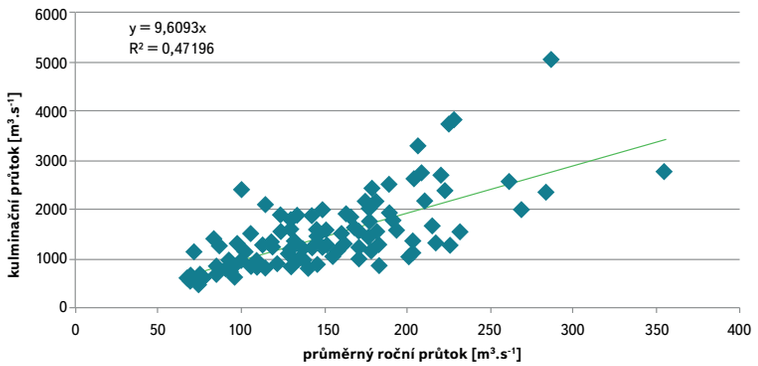
Pro výše uvedené posouzení jsme použili řadu průtoků Vltavy s počátkem v roce 1851. Důvodem je přílišná nejistota, kterou je zatížena předcházející část řady, na kterou upozornila studie viz [7]. Ke stejnému závěru vedly i výsledky modelování hydrologické bilance, provedené v rámci současných prací.



Obr. 9. Časový průběh směrodatných proměnných magnetického cyklu Slunce a sedmiletých klouzavých průměrů průtoků Vltavy
Fig. 9. Time series of the standardized variables of the magnetic cycle of the Sun and seven-year moving averages flow in the Vltava River



Obr. 10. Standardizované proměnné vypočtené z 10letých klouzavých průměrů průměrných ročních průtoků a z maximálních ročních průtoků v desetiletých obdobích
Fig. 10. Standardized variables calculated from 10-year moving average annual flow and from 10-year running maxima of the annual flow

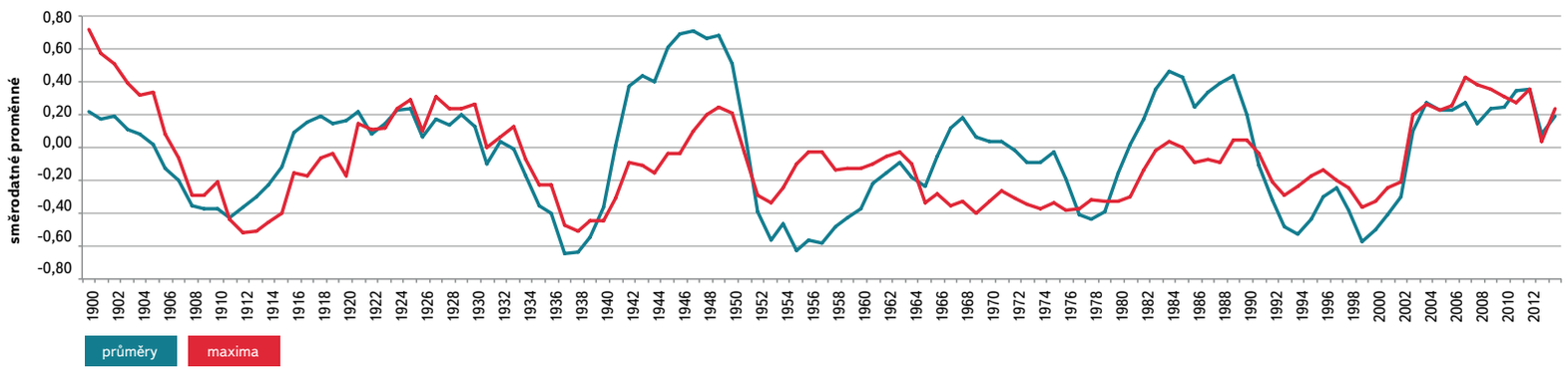


Obr. 11. Korelační vztah mezi průměrnými ročními průtoky a maximálními kulminačními průtoky
Fig. 11. Correlation between the average annual flow and the maximum flood peak flows

VZTAH MEZI DLOUHODOBÝM KOLÍSÁNÍM PRŮMĚRNÝCH PRŮTOKŮ A KULMINAČNÍCH PRŮTOKŮ POVODNÍ

Kolísání víceletých průměrných průtoků za sedmileté nebo desetileté období je závislé především na výskytech mimořádně velké hodnoty jednoho nebo i několika ročních průměrných průtoků. Průběh směrodatných proměnných klouzavých průměrů za desetiletá období, vypočítaných z průměrných ročních průtoků a z maxim průměrných ročních průtoků na *obr. 10* jsou podobné.

Podstatnou část variability ročních průtoků lze vysvětlit maximálními kulminačními průtoky jako ukazateli výskytu povodní. Svědčí o tom regresní vztah mezi průměrnými ročními průtoky a maximálními kulminačními průtoky v roce na *obr. 11*, který je charakterizován koeficientem korelace 0,687. Také koeficient korelace vztahu mezi desetiletými klouzavými průměrnými průtoky



Obr. 12. Průběh desetiletých klouzavých průměrů směrodatných proměnných průměrných ročních průtoků a maximálních kulminačních průtoků
Fig. 12. Moving average of the standardised average annual flow and maximum flood peak flows

a desetiletými klouzavými průměry kulminačních průtoků má hodnotu 0,599. I kolísání desetiletých průměrných průtoků je tedy podstatně určováno výskytem a velikostí povodní. Ukazuje se to také na *obr. 12*, kde jsou průběhy klouzavých průměrů směrodatných proměnných průměrných ročních průtoků a maximálních kulminačních průtoků.

ZÁVĚR

Při volbě reprezentativního období se jeví jako vhodnější využívat období o délce 30 až 40 let přecházející době zpracování, než prodlužovat dříve používaná období (například 1931–1980) do současnosti.

V řadě průtoků Vltavy v Praze se při použití víceletých klouzavých průměrů projevují periodické složky kolísání. Autoregresním modelem lze na tomto základě předpovídat budoucí vývoj vodnosti, s předstihem například 5 let. Předpovídat lze jen několikaleté průměry, nikoliv jednotlivé roční průměry.

Periodické kolísání víceletých průměrných průtoků je dosti podobné a většinou synchronní s průběhem 22letého geomagnetického cyklu Slunce.

Velikost průměrných ročních průtoků i víceletých průměrných průtoků je podstatně závislá na výskytu a velikosti povodní, takže kolísání průtoků v měřítku víceletých období je projevem kolísání režimu povodní. Tato vazba je patrná, i když povodně popisujeme jen kulminačním průtokem.

Literatura

[1] KAŠPÁREK, L. *Metody zpracování dat v nestacionárních podmínkách*. Výzkumná zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1998, 24 s.

[2] KAŠPÁREK, L. Vliv kolísání klimatu na postup výpočtu návrhových hydrologických dat. In: *Hydrologické dny – nové podněty a vize pro příští století*. Plzeň: ČHMÚ, Plzeň, 2000, s. 257–263.

[3] BUDÍK, L., ŠERCL, P., KUKLA, P., LETT, P. a PECHA, M. *Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010*. Praha: ČHMÚ, 2014, 72 s.

[4] PRIVALSKI, V. and JENSEN, D.T. *Time analysis package*. Logan, Utah: Climate Center, 1989, 61 s.

[5] VOTRUBA, L. a NACHÁZEL, K. *Základy teorie stochastických procesů a jejich aplikace ve vodním hospodářství*. Skripta. Praha: ČVUT, 1971, s. 147–148.

[6] PEKÁROVÁ, P. Dynamika kolísání odtoku svetových a slovenských tokov. Bratislava: VEDA, 2003, 222 s. ISBN 80-224-0780-1.

[7] BRATRÁNEK, A. Sluneční aktivita a její vliv na kolísání hydrologických jevů. Práce a studie sešit 117. Praha: VÚV TGM, 83 s.

[8] KIPPENHAHN, R. Odhalená tajemství slunce. *Mladá fronta*. Praha: Mladá fronta, Edice Kolumbus, sv. 147, 1999, s. 99.

Autor

Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.
✉ ladislav.kasparek@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

LONG-TERM FLUCTUATIONS OF VLTAVA RIVER FLOWS IN PRAGUE

KASPAREK, L.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: mean flow — representative observation period — periodicity of flows — the geomagnetic cycle of the Sun

The first part the present study contains recommendations for the selection of representative observation period used for the calculation of average flow characteristics. This is the result of calculations based on time series of flows of the Vltava River in Prague with beginning in 1801. In the next part the possibilities of prediction of 10-year moving average flow are examined using an autoregressive model. It is shown that 7-year or 10-year moving average flow is similar to that of the geomagnetic 22-year cycle of the Sun. From the correlation between the mean annual flows and the maximum flood flows follows that even the fluctuation of the multi-annual average flow rates to a large extent correspond to flood occurrence and magnitude.

YK

Hydrologické a hydrogeologické poměry povodí Lišanského potoka u Rakovníka

JAN KAŠPÁREK

Klíčová slova: podzemní voda — povrchová voda — zaniklý rybník — důl

SOUHRN

Tématem příspěvku je rozbor hydrologických a hydrogeologických poměrů v malé části dolního povodí Lišanského potoka u Rakovníka, kde od 15. století byl přirozený stav ovlivněn lidskou činností. Na potoce byl po několik století rybník a v oblasti probíhala intenzivní hlubinná těžba uhlí. V článku jsou popsána a vyhodnocena měření úrovně hladiny podzemní vody na hydrogeologických vrtech a měření průtoků na Lišanském potoce. Výsledkem je vymezení úseku Lišanského potoka, kde je dotována zásoba podzemní vody povrchovou vodou z vodního toku.

ÚVOD

V letech 2009–2011 byl ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka řešen úkol Možnosti zmírnění důsledků klimatické změny zlepšením akumulačních schopností v povodí Rakovnického potoka [1]. V rámci tohoto úkolu byla sledována hladina podzemní vody v rozsáhlé síti vrtů a studní a měřeny průtoky významnějších toků v povodí Rakovnického potoka po profil vodoměrné stanice ČHMÚ v Rakovníku. Jedním z výsledků vyhodnocení těchto měření bylo zjištění a ověření úseků, kde je zásoba podzemní vody dotována z úseků Kolešovického a Rakovnického potoka nad Rakovníkem a z Lišanského potoka v oblasti nad bývalým Velkým rybníkem u Rakovníka. Rakovnický potok nad Rakovníkem a dolní část Kolešovického potoka protékají územím, kde je dlouhodobý pokles úrovně hladiny podzemní vody pod úrovní hladiny toků daný odběry vody (pro vodárenské účely a čerpání vody z dolu). Lišanský potok protéká územím, kde ovlivnění odběry není významné.

Na základě měření úrovně hladiny podzemní vody v soustavě vrtů a studní byla sestrojena mapa isolinií výšky hladiny podzemní vody v Rakovnické pánvi, ve studii viz [1] byl zpracován hydraulický model proudění podzemní vody. Na *obr. 1* je výřez z mapy isolinií výšky podzemní vody z okolí Rakovníka.

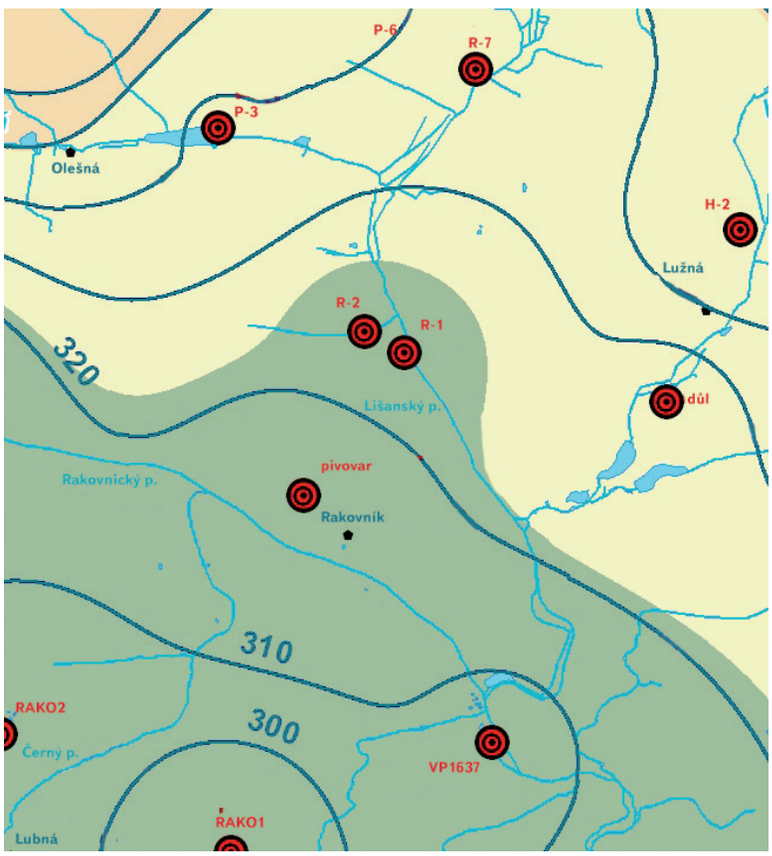
Obsahem příspěvku jsou zjištění a upřesnění hydrologických a hydrogeologických poměrů na dolním toku Lišanského potoka, v úseku od usedlosti Na cikánce po hráz bývalého Velkého rybníka.

GEOLOGICKÝ POPIS

Zájmová oblast se nachází severně od rozhraní proterozoika a karbonu. Proterozoikum je tvořeno břidlicemi, které jsou na povrchu patrné u bývalé hráze Velkého rybníka nad Hamrem, u silnice Rakovník–Nové Strašecí a u hráze Žákova rybníka a které na povrch vystupují také u Rakovnického potoka v místě mostu železnice. Břidlice jsou pro podzemní vodu málo propustné a tvoří u Rakovníka bariéru, která vzdouvá hladinu podzemní vody.

Pískovce karbonu na sever od rozhraní překrývají hlouběji uložené proterozoické břidlice. V oblasti dnešní Šamotky byla nalezena a těžena uhelná sloj (svrchní radnické vrstvy).

Mocnost karbonských vrstev a poloha podložních břidlic je v oblasti velmi rozdílná. Písky a jíly karbonského moře se postupně usazovaly na členitém podkladu a následně byly zpevněné sedimenty posouvány tektonickými pohyby. Značná členitost je patrná na geologických profilech vrtů, které jsou i v blízkých vrtech poměrně odlišné. Tektonické poruchy vzhledem k přítomnosti jílů jsou zde pro podzemní vodu málo propustné. Nivu Lišanského potoka tvoří kvarterní hlíny, písky, jílovité písky a zahlíněné štěrkopísky.

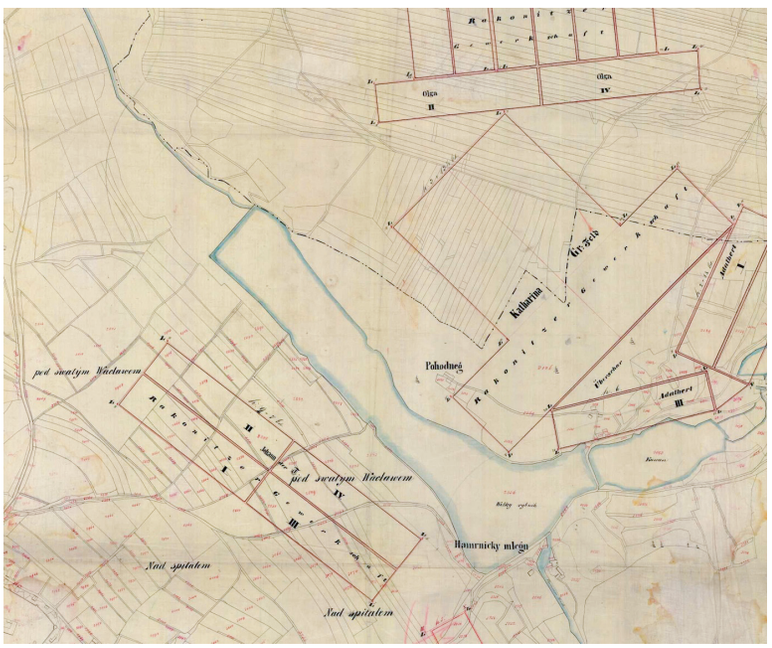


Obr. 1. Isolinie výšky hladin podzemní vody okolí Rakovníka
Fig. 1. Isolinias of groundwater level near the Rakovník

Severní okraj oblasti je vymezen předpokládanou tektonickou poruchou probíhající přibližně u usedlosti Na Kordech, na východní straně tektonikou shodnou se směrem údolí Lišanského potoka. Západním a jihozápadním směrem je oblast otevřená, kolektor podzemní vody pokračuje pod Rakovník.

HISTORICKÉ SOUVISLOSTI

Pod soutokem Lišanského (dříve Červeného) potoka s Čistým potokem byl od roku 1482 rybník. Založení hráze bylo výhodně vybráno v místě výchozu břidlice. Dá se předpokládat, že již před založením rybníka zde byl krátký úsek toku s větším sklonem. Výpusť rybníka a náhon k hamru mohly být vylámány v pevné skále u levého břehu potoka. Původně malý rybník byl dále rozšiřován. Roku 1524 byl rybník rozdělen druhou hrází, větší dolní část v údolí Lišanského potoka si zachovala původní název Velký rybník, horní část na Čistém potoce se jmenovala Kavan. Vodní energie poháněla hamr, později mlýn. Hráz rybníka je do dnešní doby zcela zachována, po její koruně vede silnice Rakovník–Nové Strašecí a Lišanský potok zde protéká ve skále vytesanou výpustí rybníka. Na *obr. 2* je zobrazený Velký rybník a Kavan na mapě důlních měr z roku 1860. Důlní míry zanesené západně od rybníků nejsou na černé uhlí, ale jsou na železnou rudu. K významnější těžbě nedošlo.



Obr. 2. Velký rybník a Kavan na mapě důlních měr z roku 1860
Fig. 2. The Velký rybník and Kavan on the map of the 1860

Změna přišla v polovině 19. století. Jak byl skalní výchoz pro založení hráze rybníka výhodný, tak po nálezu uhlí, jehož sloj je zde stejně jako podložní břidlice mělko pod povrchem, se stalo jeho umístění problematickým.

V roce 1847 je započato za Velkým rybníkem hloubení první šachty podnikatele Jana Herolda. Dobývání uhlí se rychle rozrůstalo, na poměrně malém prostoru bylo postupně založeno kolem dvaceti důlních šachet. Těžbu stále komplikovala prosakující voda z rybníků. V roce 1869 Herold odstoupil, podniku se ujali podnikatelé z Brna a založili společnost Moravia. Následujícího roku zrušili a vysušili oba rybníky. Po vypuštění Kavanu bylo pod bývalým blátivým dnem nalezeno uhlí v malé hloubce a byla zde zahájena povrchová těžba odklizem. Také byla přeložena silnice do Rakovníka do dnešní trasy tak, aby nevedla důlním areálem. Z důlních šachet byly významné Mořic, Jan a Kateřina, kde voda byla čerpána parními stroji. V důsledku čerpání dochází k poklesu hladiny podzemní vody, je zaznamenáno vyschnutí studánek a studní ve městě [2]. Podle údajů z důlních map byla podzemní voda čerpána z hloubky v úrovni nejméně 260 m n. m., tj. přibližně 60 m pod úrovní terénu u Lišanského potoka v oblasti nad dolem.

Voda byla také příčinou konce těžby uhlí. Poprvé doly zaplavila katastrofická povodeň v roce 1872, ale voda byla vyčerpána, těžba pokračovala, společnost dosáhla vrcholu rozkvětu v letech 1875 a 1876. Roku 1877 při povodni byly doly opět zatopeny a zatopena byla i nová výkonná čerpadla. V květnu 1882 přišla další povodeň, došlo k zátarasu v propustku bývalé hráze a naplnění zrušeného rybníka. Nadržená voda se provalila do důlního podzemí prolomením nadloží nebo větrací jámou. Stalo se to na pravém břehu Lišanského potoka, nedaleko nad hrází. Při tomto neočekávaném neštěstí zahynuli tři horníci. Z tohoto neštěstí se vyčerpané doly nevzpamatovaly, malá těžba probíhala ještě do roku 1885. V roce 1886 bylo ukončeno čerpání vody, hladina podzemní vody se zvýšila, ve městě nastaly problémy s podzemní vodou ve sklepech [2]. Příkladem je Dívčí škola (dnes 2. základní škola Rakovník) na náměstí, která byla postavena v letech 1885–1886.

Z povrchových objektů dolů byla vybudována továrna na keramiku – Šamotka, její provoz byl zahájen v roce 1883.

Povrchová dobývka na uhlí v prostoru zrušeného rybníka Kavan byla také zatopena podzemní vodou, vznikl Oprám, ze kterého byla později čerpána voda pro provoz Šamotky. Po roce 1945 byl Oprám zavážen odpadem z Šamotky a jeho velikost se tak zmenšila. Na přelomu dvacátého a jednadvacátého století byla provedena rekultivace Oprámu a změna vodního režimu. Do té doby byl Oprám napájen jen podzemní vodou, nově je průtočný, byl vybudován přívod vody z Čistého potoka a odtok.

POZOROVÁNÍ

Starší pozorovací objekty

V oblasti proběhlo několik hydrogeologických průzkumů [3–5], po kterých jsou zde hydrogeologické vrty R1 až R-5, P-5, VS-1 a RK-1. V terénu byla dohledána studánka – pramen Na Cikánce, studna u TJ (TJ Tatran), studna v areálu Šamotky a pramen ve sklepě školy (2. základní škola Rakovník) na náměstí.

Nově zřízená pozorování

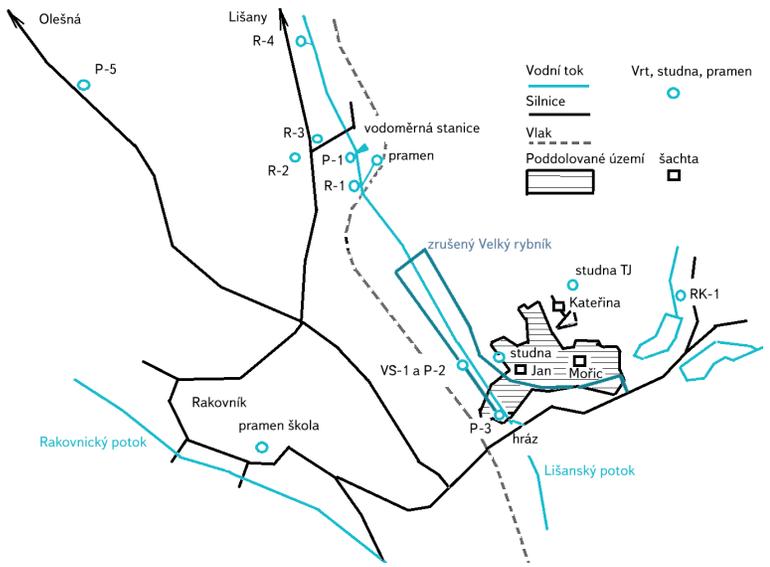
Pro upřesnění hydrogeologických poměrů byly v rámci úkolu [1] vyhloubeny mělké pozorovací vrty P-1, P-2, P-3. Nadmořské výšky vrtů byly geodeticky zaměřeny.

Vrty R-1, R-2, P-5, VS-1, P-1 a studna u TJ byly sledovány automatickými hladinoměry. Po ověření podobnosti průběhů vrtů R-1, R-2 a VS-1 byly vyřazeny ze sledování vrty R-2 a VS-1 a pozorování ponecháno na vrtu R-1. Vzhledem k velkému ovlivnění čerpáním bylo ukončeno pozorování studny TJ. Vydatnost pramene Na Cikánce a hladina podzemní vody ve vrtech RK-1, P-2, P-3 byly měřeny s měsíční periodou, úroveň hladiny podzemní vody ve studni v Šamotce a pramenu ve sklepě školy byly změřeny jen jednorázově. Přetok vrtu R-4 a dalších vrtů (R-5, R-7) byly ověřeny v terénu. Hladina podzemní vody ve vrtu R-3 a v zajišťovacím vrtu v jámě Kateřina byla zjištěna pouze z dostupných informací [5, 6].

Na Lišanském potoce v profilu Na Cikánce byla zřízena v roce 2009 vodoměrná stanice tvořená měrným přelivem se záznamem hladiny automatickým hladinoměrem. Poloha vodoměrné stanice a sklon Lišanského potoky byly geodeticky zaměřeny.

Na redukované sestavě pozorovacích objektů R-1, P-1, P-5 a vodoměrné stanici na Lišanském potoce pozorování pokračuje.

Mapa sledovaných objektů podzemní vody, polohy zaniklého Velkého rybníka a plochy vyrubané doly Moravia je na *obr. 3.*



Obr. 3. Schématická mapa oblasti
Fig. 3. Schematic map of the area

Rozbor výsledků pozorování

Na severní straně zájmové oblasti je patrný pokles úrovně hladiny podzemní vody. Výše proti proudu Lišanského potoka je úroveň hladiny podzemní vody vyšší než běžná hladina potoka, hluboké vrty (R-4 a dále výše R-5 a R-7) mají trvale přetok vody a u usedlosti Na Kordech je vrt R-3 s hladinou 1,5 m pod terénem. Na předpokládané tektonické poruše hladina podzemní vody výrazně klesá, ve vrtech R-1 a R-2 je hladina podzemní vody o 2,7 m níže než ve vrtu R-3, při vzdálenosti mezi R-2 od R-3 140 m. Průměrná úroveň hladiny vrtu R-1 je 320,77 m n. m. (2010–2016). Pramen Na Cikánce je napájen z kolektoru nad tektonickou poruchou [3], vydatnost se pohybuje od 0,06 l/s do 0,25 l/s (2011–2015).

V oblasti s nižší hladinou podzemní vody je ve vrtech R-1, R-2 a VS-1 hladina podzemní vody na přibližně stejné úrovni. Ve vrtech R-1 a R-2 je časový průběh kolísání hladiny shodný, ve vrtu VS-1 podobný, s menším rozpětím změny průběhu. Hydraulická souvislost vrtu R-1 a vrtu VS-1 byla ověřena při čerpání vrtu R-1 viz [3]. Hladina podzemní vody blízká hodnotě ve výše uvedených vrtech byla zjištěna ve studni v areálu Šamotky a dále zastižena zajišťovacím vrtem při likvidaci jámy Kateřina v roce 2003 [6].

Při čerpací zkoušce vrtu VS-1 v roce 1970 byl zaznamenán pokles hladiny Oprámu, ve zprávě viz [4] je pravděpodobnost souvislosti s čerpáním vrtu sice zpochybněna, ale ne zcela vyloučena.

V objektech situovaných dále na východ (studna TJ a vrt RK-1) je hladina podzemní vody výrazně výše a časový chod hladiny je zde jiný.

Pramen ve sklepě školy na náměstí je položen níže na úrovni 313,7 m n. m.

Západně ve vzdálenosti 1,6 km od vodoměrné stanice na Lišanském potoce byla měřena hladina na vrtu P-5, která je na úrovni mírně vyšší než ve vrtu R-1, s pozvolným chodem změn výšky hladiny. V prostoru mezi sledovanou oblastí a vrtem P-5 se nepodařilo dohledat žádný hydrogeologický vrt, souvislost se stejným kolektorem lze tedy jen předpokládat.

Pod hrází zaniklého rybníka je úroveň hladiny vody v Lišanském potoce 315,5 m n. m., tj. výrazně pod úrovní hladiny podzemní vody nad hrází. V oblasti toku pod hrází nejsou patrné vývěry podzemní vody a podélná měření průtoku v potoce neprokázala přírůstek průtoku. Hráz rybníka, resp. výchoz podložních břidlic, tedy ohraničuje kolektor v karbonských pískovcích.

Údaje o nadmořských výškách hladiny podzemní a povrchové vody jsou souhrnně uvedeny v *tabulce 1.* Podélný profil Lišanského potoka a výška hladiny podzemní vody jsou zobrazeny na *obr. 4.*

Tabulka 1. Nadmořské výšky terénu u pozorovacích objektů a hladiny podzemní a povrchové vody
Table 1. Terrain elevations at observation objects and groundwater and surface water levels

Objekt	Hloubka	Terén	Hladina	Poznámka
vrt R-4	100	326	326,3	přetok
vrt R-3	93,6	325	323,4	
pramen Na Cikánce	1	324	324	
vrt R-2	100,8	329	320,7	
vrt R-1	62,3	324	320,77	
vrt VS-1	72,5	320,6	320,66	
studna Šamotka	16,9	336	321,2	k 31. 8. 2011
jáma Kateřina	93	368	317	zajištění 2003
studna TJ	> 80	366,9	331,83	
vrt RK-1	38,8	331,9	329,5	
vrt P-5	80	376	322,5	
pramen škola		317	313,7	

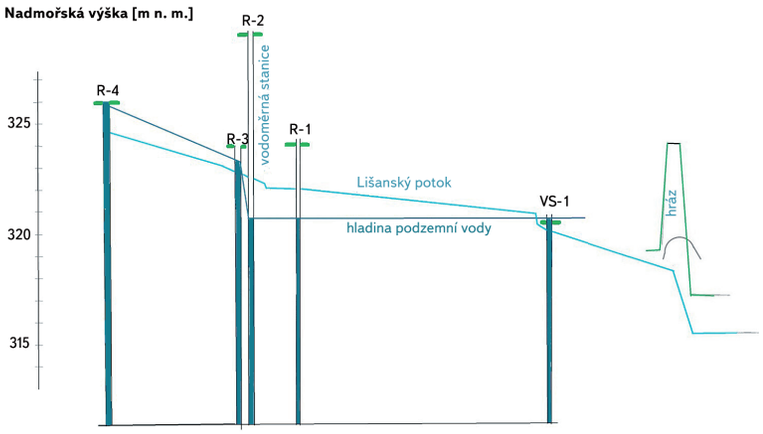
Poznámka:
Vrt VS-1 je v 19 m neprůchozí, hydraulické propojení se zvodní bylo ověřeno čerpací zkouškou. Studna TJ podle ústního sdělení a zprávy k zajištění jámy Kateřina [6] je údajně důlní dílo. Vzhledem k poloze, hloubce a stavebnímu provedení je to pravděpodobné. Hladina je zde podstatně výše než ve vrtech R-2, R-1 a VS-1. Vydatnost tohoto zdroje je malá. Pokud je studna u TJ bývalé důlní dílo, není podle těchto poznatků hydraulicky propojené s dolem Moravia. Důlní mapy dolu Moravia do této oblasti nezasahují.

Při podélných měřeních průtoku na Lišanském potoce byl opakovaně zjištěn úbytek v úseku od usedlosti Na Cikánce ke stupni v korytě u vrtu VS-1 velikosti do 10 l/s a dále mírná dotace v úseku od VS-1 k hrázi zaniklého rybníka. Tyto výsledky měření průtoků odpovídají relaci výšky toku k výšce hladině podzemní vody. V dnešní době bude proti období 2009–2011 dotace Lišanského potoka v úseku od vrtu VS-1 k hrázi zaniklého rybníka menší, vznikl zde zátaras (bobří hráz) a tok je na delším úseku oboustranně rozlitý a protéká nivou, hladina toku je výše.

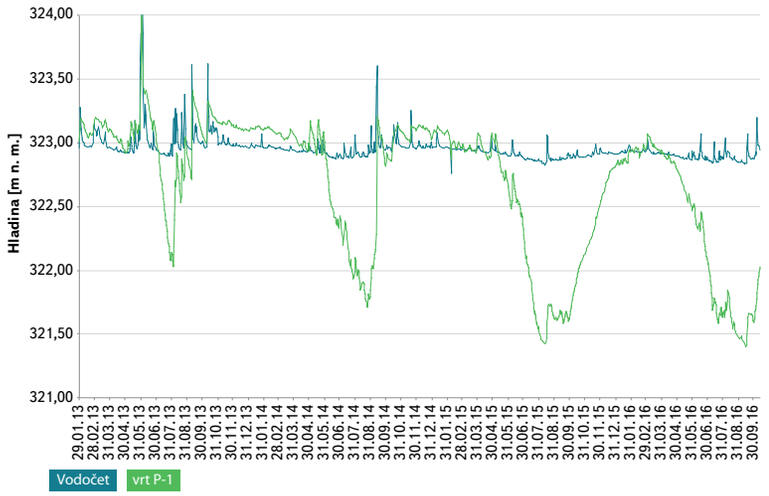
Úroveň hladiny ve velkém rybníce podle odečtu ze starých map a podle zaměření výšky náhonu k Hamerskému mlýny byla kolem 321 m n. m.

Pro sledování hladiny podzemní vody ve svrchní zvodni byly vyhloubeny mělké vrty P 1-3. Sondy P-1 a P-2 vrtány do hloubky 3 m, sonda P-3 je hluboká 5 m. Sondy zastihly jíly, písčité jíly a písky.

Vrt P-1 je u vodoměrné stanice na Lišanském potoce, na pravém břehu, ve vzdálenosti 11 m od toku. Hladina je měřena automatickým hladinoměrem.



Obr. 4. Podélný profil úseku Lišanského potoka od vrtu R-4 po hráz zrušeného rybníka
Fig. 4. Longitudinal profile of the Lišanský brook from the borehole R-4 to the dam of the canceled pond



Obr. 5. Hladina v sondě P-1 a hladina v potoce na měrném profilu
Fig. 5. P-1 probe level and creep level on the profile

Průběh úrovně hladiny ve vrtu P-1 a hladiny vody v Lišanském potoce (stav vodočtu vodoměrné stanice) je znázorněn na *obr. 5.* V letních měsících zde dochází k poklesu hladiny svrchní zvodně pod úroveň hladiny toku. Je zde výrazné prodloužení období poklesu hladiny podzemní vody s nástupem současného sucha.

Další mělké sondy byly vyhloubeny níže po proudu potoka. Vrt P-2 v blízkosti hlubokého vrtu VS-1 a nad hrází zaniklého rybníka v poddolovaném území je umístěna sonda P-3. U sond P-2 a P-3 je hladina nad běžnou úrovní hladiny toku. U sondy P3 se zvětšující se hloubkou vrtání úroveň hladina vody v sondě stoupala, po dokončení sondy na hloubce 5 m se ustálil mírný přetok 0,01 l/s.

Z Lišanského potoka, vrtu R-1, vrtu VS-1 a sondy P-3 byly odebrány vzorky vody na chemický rozbor, výsledky jsou v *tabulce 2.* Z výsledků rozboru je patrný mírně vyšší obsah dusičnanů v povrchové vodě a vyšší obsah síranů a vyšší vodivost vzorků z vrtu VS-1 a P-3, které souvisí s blízkostí zatopeného dolu.

Tabulka 2. Chemický rozbor podzemní a povrchové vody
Table 2. Chemical analysis of underground and surface water

Ukazatel	Jednotka	R-1	VS-1	P-3	Lišanský
CHSK-Mn	mg/l	2,78	1,21	5,06	5,38
chloridy	mg/l	38,6	28,4	28,5	31,3
sírany	mg/l	52	214	214	84
amonné ionty	mg/l	0,34	0,35	3,8	0,47
dusičnany	mg/l	1,72	< 1	< 1	26,8
P_{celk}	mg/l	0,0504	0,034	0,781	0,0923
pH		6,87	5,8	6,2	7,4
vodivost	mikroS/cm	404	798	840	591
teplota	°C	9,5	9,4	12,2	

ZÁVĚR

Sledovaná oblast je součástí (severovýchodním okrajem) rozsáhlého kolektoru podzemních vod rakovnické permkarbonské pánve. Západním a jihozápadním směrem kolektor pokračuje pod město, kde jsou odběrové vrty rakovnického pivovaru, prameny ve sklepech budov na náměstí, a dále za Rakovnický potok, kde je hladina podzemní vody trvale snížena čerpáním dolu Rako a odběrem pro vodárenské účely. Sklon hladiny podzemní vody od zájmové oblasti je západním a jihozápadním směrem k Rakovníku.

V úseku Lišanského potoka přibližně od cesty k pískovně nad vodoměrnou stanicí po stabilizační stupeň u vrtu VS-1 (*obr. 3*) je podzemní voda dotována z toku. Tento úsek přináší riziko zranitelnosti zásoby podzemní vody. Lišanský potok má vodu poměrně kvalitní a průtok trvale mírně nadlepšený vypouštěním odpadních vod pivovarem v Krušovicích, ale v případně havarijního znečištění vody v potoce nelze vyloučit nebezpečí zhoršení jakosti podzemní vody.

Rozvaha, zda současný stav je optimální, nebo vhodnou úpravou toku a okolí toku dotaci podzemní vody z povrchové zvětšit nebo zmenšit, by byla tématem pro rozsáhlejší studii, s ohledem na odběry podzemní vody z kolektoru, prameny ve sklepech ve městě a jakost povrchové a podzemní vody.

Vyrubané prostory dolu Moravia jsou pod úrovní hladiny podzemní vody (odhadovaný objem 250 000 m^3 [1]). Bilančně se na chodu podzemní a povrchové vody nepodílejí. Vrt VS-1 v blízkosti zatopeného dolu má pro tuto oblast nezvykle velkou specifickou vydatnost, a to 8 l/s/m [4], průměrná vydatnost artéských vrtů je v této oblasti 0,15 l/s/m. Je tu možnost opravou tohoto vrtu nebo vyhloubením nového v oblasti stařin dolu Moravia pořídit vydatný zdroj vody ale s vyšším obsahem síranů. Dále je možnost volného přetoku podzemní vody z vrtu do potoka (dříve byl vrt VS-1 s přetokem pod úrovní terénu, dnes je na vrtu novější pažnice a přetok už není, hladina je nad terénem).

Poznatky z tohoto průzkumu se týkají problému případného obnovení Velkého rybníka. Napuštění rybníka, i v menším rozsahu, by vedlo k podstatnému zvýšení dotace podzemní vody. Výsledkem by bylo zhoršení jakosti podzemní vody a zvýšení vydatnosti pramenů ve sklepech ve městě. Případné těsnění dna rybníka by muselo být velmi pečlivé, s ohledem na poddolování oblasti.

Kromě těchto praktických závěrů je tato malá oblast zajímavou ukázkou vlivu lidské činnosti na povrchovou a podzemní vodu. Nejprve pro vhodné podmínky související s výchozem pevného podloží byl založen rybník. Po založení rybníka zajisté došlo k zvýšení vydatnosti pramenů ve městě. Později, opět v přímé souvislosti s geologií podloží, rybník ustoupil uhelným dolům a hladina podzemní vody je na krátké období výrazně snížena čerpáním. A po ukončení těžby, na kterém se kromě vyčerpání sloje podílely i povodně Lišanského potoka, se poměry vrací do stavu blízkého původnímu.

Literatura

[1] HORÁČEK, S. a KAŠPÁREK, L. *Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulační schopnosti v povodí Rakovnického potoka*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2011.

[2] HOVORKA, F. *Rakovnické paměti 19.století*. Rakovník/Praha: Státní okresní archiv Rakovník/Státní oblastní archiv v Praze, 2010.

[3] CHVAL, D., ČAPEK, A., KOKOŠOVÁ, L. a KŘIVKA, V. *Rakovník – zhodnocení hydrogeologických průzkumných vrtů v povodí Lišanského potoka*. Praha: Vodní zdroje, 1984.

[4] HAVLA, H. *Zpráva o hydrogeologickém průzkumu pro mlékárnu Rakovník*. Praha: Potravinoprojekt, 1970.

[5] ČERNÝ, I. *Rakovník RKZ*. Praha: Vodní zdroje, 1978.

[6] ŠARBOCH, P. *Závěrečná zpráva likvidace starého důlního díla jámy Kateřina v Lužné u Rakovníka*. Kladno: Služby dolů, a. s., 2003.

Autor

Jan Kašpárek
✉ jan.kasparek@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

HYDROLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE LIŠANSKÝ STREAM NEAR RAKOVNÍK

KASPAREK, J.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: groundwater — surface water — defunct pond — mine

The article describes hydrological and hydrogeological conditions in a small part of the Lišanský stream catchment near Rakovník. Natural conditions of this area have been influenced by human activity from the 15th century. There used to be a pond at the creek for several centuries and intensive deep coal mining took place in this area. The article evaluates measurements of groundwater level in hydrogeological boreholes and flow measurements on the Lišanský stream. The aim of the analysis is to identify a section of the Lišanský stream, where the surface water percolates into the groundwater.

Specialista vzorkování vod a požadavky na jeho odbornou způsobilost

JIŘÍ KUČERA, JANA ČAPKOVÁ, ALŽBĚTA PETRÁNOVÁ, PETR A. SKŘEHOT, MARCELA SKŘEHOTOVÁ

Klíčová slova: odběr vzorků – vzorkař – kvalifikace

SOUHRN

Za odběr vzorků pro účely stanovené vodním zákonem, zákonem o vodovodech a kanalizacích a zákonem o ochraně veřejného zdraví zodpovídá zkušební laboratoř. Požadavky na kvalifikaci a další vzdělávání vzorkařů definuje laboratoř ve své řízené dokumentaci, přičemž v oblasti vzorkování vod jsou nově minimální požadavky stanoveny v normě ČSN EN ISO 5667-14. K definování požadavků může laboratoř využít kvalifikační standardy pro povolání vzorkař pitných vod a vzorkař odpadních vod. V příspěvku jsou popsány důvody vedoucí k navržení nového povolání specialista vzorkování vod a jeho kvalifikačního standardu. Zároveň jsou představeny dokumenty zpracované k problematice bezpečnosti a ochrany zdraví při práci pro oblast vzorkování vod.

ÚVOD

Zpracování programu odběru vzorků a následné precizní provedení vlastního odběru předurčují, nakolik bude výsledek navazujícího rozboru použitelný k účelu, pro nějž byl pořízen. To se týká i vzorkování vod, ať již v oblasti výzkumu, či při kontrole dodržování požadavků právních předpisů – míry znečištění povrchových a podzemních vod, kvality pitné vody či znečištění odpadních vod. Pokud jde o vzorkování předepsané právními předpisy, je jednoznačné, že za kvalitu odběru vzorku odpovídají laboratoře, které musí být akreditovány od Českého institutu pro akreditaci, o. p. s., držiteli osvědčení o správné činnosti laboratoře vystaveného ASLAB, autorizovány Státním zdravotním ústavem, případně autorizovány podle zákona o metrologii (jednotlivé předpisy upravují požadavky na prokázání odborné způsobilosti laboratoří poněkud odchylně). Předpisy dále uvádějí řadu technických požadavků, z nichž některé v zásadě definují program odběru vzorků, ale nejsou stanoveny žádné zvláštní požadavky na způsobilost osob oprávněných ke vzorkování vod v rámci laboratoře – vzorkařů. Požadavky na odbornou způsobilost všech osob pracujících v laboratoři včetně vzorkařů a osob organizujících vzorkování definuje v souladu s normou ČSN EN ISO/IEC 17025 [1] sama laboratoř a o vhodnosti zvolených požadavků musí přesvědčit akreditační či jiný dozorový orgán.

Autoři článku se v rámci projektu podpořeného Technologickou agenturou ČR a řešeného v letech 2016 a 2017 zabývají problematikou požadavků na kvalifikaci vzorkařů s cílem zpracovat doporučení k vhodné úrovni kvalifikace, kterou by mohly laboratoře využít při své činnosti. Významná pozornost je věnována nejen odborné způsobilosti k odběru vzorků, ale rovněž zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

SOUHRN POŽADAVKŮ NA ČINNOST VZORKAŘE A JEHO KVALIFIKACI

Odběr vzorků vod pro účely definované právními předpisy se řídí těmito předpisy. Jde zejména o vodní zákon [2] (stav povrchových a podzemních vod, míra znečištění vypouštěných odpadních vod), zákon o vodovodech a kanalizacích [3] (upravovaná a pitná voda v procesu výroby a odpadní voda v kanalizaci a v procesu čištění) a zákonem o ochraně veřejného zdraví [4] (pitná voda u spotřebitele a povrchové vody užívané ke koupání) a jejich prováděcí předpisy [5]. Upraveny jsou četnost odběru vzorků, typ vzorků, způsob předúpravy, požadované rozbory a další technické aspekty, takže tyto předpisy do značné míry předurčují program odběru vzorků zpracovaný laboratoří.

Neméně důležité jsou požadavky na bezpečnost práce a prevenci rizik stanovené zákoníkem práce [6], zákonem o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci [7] a jeho prováděcími předpisy [8]. Bezpečnostní aspekty, které se k práci vzorkaře váží, nejsou v těchto předpisech podrobněji řešeny, a proto bylo třeba vycházet z analogií pro příbuzné obory činností a zkušeností z aplikační praxe. Vzorkař se musí dále orientovat v předpisech upravujících pohyb v různých typech chráněných území a ochranných pásem.

Základní požadavky na kvalifikaci vzorkařů vycházejí z normy ČSN EN ISO/IEC 17025 [1] a jsou uvedeny v kapitole 5.2 společně pro všechny osoby pracující v laboratoři včetně vzorkařů. Úroveň požadavků si stanoví laboratoř s ohledem na rozsah vykonávaných činností a tuto úroveň poté obhajuje před akreditačním orgánem.

Postupy pro odběry vzorků vod včetně přípravy programů odběru vzorků (jindy zvaných též plány vzorkování), konzervace vzorků a zabezpečování kvality jsou upraveny v technických normách řady ČSN EN ISO 5667. V březnu 2017 vyšla aktualizace normy ČSN EN ISO 5667-14 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 14: Návod pro prokazování a řízení kvality odběru vzorků vod a manipulace s nimi [9], která nově definuje speciální požadavky na výcvik vzorkařů. Požadováno je vhodné vzdělání, počáteční odborný výcvik, pravidelné školení a prověřování výkonnosti vzorkařů. Tyto nové požadavky se do běžné praxe budou teprve postupně promítat.

SOUČASNÁ PRAXE LABORATOŘÍ V POŽADAVCÍCH NA KVALIFIKACI VZORKAŘE

V rámci řešení projektu bylo provedeno dotazníkové šetření mezi vzorkaři firem provádějících vzorkování vod a akreditovaných laboratoří zaměřený na kvalifikační požadavky kladené na vzorkaře a na praktické otázky související s bezpečností práce při vzorkování vod. Byly získány odpovědi od 168 respondentů. V rámci průzkumu nebyl omezen počet respondentů z jedné laboratoře či

firmy, počet odpovědí určitého typu proto nevypovídá zcela přesně o počtu pracovišť se stejným přístupem ke kvalifikaci a vzdělávání vzorkařů. Výsledky však poskytují dobrou celkovou představu o používaných požadavcích.

Jednotlivé laboratoře požadují podle respondentů v 74 případech nejméně střední nebo střední odborné vzdělání bez maturity, v 81 případech úplné střední s maturitou, ve čtyřech případech vyšší odborné nebo vysokoškolské bakalářské a v jednom případě vysokoškolské magisterské vzdělání.

Z šetření dále vyplývá, že délka požadované praxe u nastupujícího vzorkaře se pohybuje od žádné až po tři roky praxe (tato nejvyšší hodnota se objevila v 29 odpovědích). Respondenti obvykle kladli větší důraz na kvalitu vstupního školení a výcviku než na předchozí praxi.

Před zařazením pracovníka na pozici vzorkaře vod vyžadují laboratoře interní zaškolení vedoucím nebo manažerem v 75 případech, externí školení nebo seminář ve 33 případech a externí kurz zakončený zkouškou a vydáním osvědčení ve 47 případech.

Podle 22 odpovědí laboratoře nevyžadují pravidelné školení vzorkařů. Čtyři respondenti uvádějí školení jednou za půl roku, 41 jednou ročně, 33 jednou za dva roky, 25 jednou za tři roky a 10 jednou za pět let. V řadě odpovědí byla rozlišena větší četnost interních školení a méně častá účast na externích kurzech.

ÚVAHY O ÚROVNI KVALIFIKACE A VZDĚLÁVÁNÍ V LABORATOŘI

Jak již bylo uvedeno, požadavky na kvalifikaci, výcvik a prověřování znalostí vzorkařů nově stanoví norma ČSN EN ISO 5667-14. Jde o minimální standard, který budou muset zavést všechny laboratoře, poskytuje však dostatek volnosti k tomu, aby laboratoře přizpůsobily postupy podle svých potřeb a zaměření. Je zřejmé, že vzorkaři „provozní" laboratoře zabývající se pouze rozbory vyráběné pitné vody a čištěné a vypouštěné odpadní vody musí perfektně ovládat problematiku vzorkování pitných a odpadních vod, naproti tomu se nemusí detailněji orientovat v problematice například odběru podzemních vod. Vzorkaři laboratoře zaměřené na různé výzkumné projekty pak musí počítat s tím, že budou vzorkovat ve velmi rozdílných situacích a k různým účelům a že často budou reagovat na místě na zjištění řešitele projektu (zadavatele práce).

Ze zkušeností praxe vyplývá, že je vhodné rozlišit dvě úrovně kvalifikace vzorkařů.

Jednu úroveň představuje pracovník, který zajišťuje odběry určitých typů vod víceméně rutinně stálými postupy. Takový vzorkař musí znát standardní operační postupy pro dané odběry a příslušné programy odběru vzorků a měl by být schopen na základě svých zkušeností identifikovat neobvyklé situace, vyhodnotit (sám nebo ve spolupráci s jiným vzorkařem) jejich dopady na kvalitu odběru vzorků a vypovídací schopnost odebraného vzorku a přijmout na místě potřebná opatření (podle situace posun bodu odběru, detailní zaznamenání okolností odběru apod.).

Za vyšší úroveň kvalifikace považujeme pracovníka, který je schopen nejen řádně provést odběr vzorků, ale tuto činnost také organizovat a řídit. Od takového pracovníka předpokládáme pochopení cílů, k nimž má vzorkování vést, a navržení tomu odpovídajícího programu odběru vzorků. Tento pracovník musí znát nejen vlastní postupy odběru vzorků, ale musí chápat i širší souvislosti fungování celého vzorkovaného systému. Pozice proto vyžaduje vyšší vzdělání a soustavné zvyšování kvalifikace.

Zatímco u „rutinních" pracovníků lze za dostatečné považovat periodicky opakované interní školení v rámci laboratoře, u pracovníků řídících vzorkování je plně na místě další vzdělávání včetně externích kurzů.

Externí kurzy nabízejí komerčně různí poskytovatelé. Liší se délkou, odborným zaměřením (přehled problematiky nebo zaměření jen na určité druhy matric) i způsobem ukončení. Někdy je vydáváno potvrzení o absolvování kurzu, jindy je součástí kurzu závěrečná zkouška. Organizátoři kurzů nepotřebují žádné zaštítění jinou autoritou (certifikaci či autorizaci kurzu), úroveň kurzu je obvykle garantována dobrou pověstí organizátora a vystupujících lektorů.

Současné předpisy nepožadují prokazování kvalifikace vzorkařů nezávislým přezkoušením. Přesto je zaveden personální certifikát Manažer vzorkování vod, který můžeme považovat za vhodný způsob prokázání kvalifikace laboratoře vůči zákazníkům nad rámec její akreditace. Složení zkoušek a získání personálního certifikátu lze chápat jako další, třetí úroveň kvalifikace vzorkařů v laboratoři. Instituce udílející personální certifikát jsou akreditovány Českým institutem pro akreditaci, o. p. s., a je tak zajištěna návaznost tohoto certifikátu na definované postupy.

DEFINOVÁNÍ KVALIFIKAČNÍCH POŽADAVKŮ NA VZORKAŘE

Metodika, která je navrhována v rámci řešení projektu, by měla poskytnout laboratořím vodítko k nastavení kvalifikačních požadavků na své vzorkaře.

Přestože nejspíše nejsou v praxi zcela běžně užívány (z výše uvedeného dotazníkového šetření mezi vzorkaři vyplynulo, že celých 79 % oslovených respondentů je vůbec nepoužívá nebo o nich neví), existují veřejně dostupné databáze Národní soustava povolání (dále jen NSP; dostupná na webovém portále www.nsp.cz) a Národní soustava kvalifikací (dále jen NSK; dostupná na www.narodnikvalifikace.cz).

Národní soustava povolání je soustavně rozvíjený a na internetu dostupný katalog popisů povolání. Tvorba a aktualizace NSP je definovaná v § 6 zákona č. 435/2004 Sb., o zaměstnanosti, ve znění pozdějších předpisů. NSP je nástrojem pro zvýšení mobility pracovní síly na základě potřeb trhu práce, které identifikují zaměstnavatelé a odborníci z trhu práce. V této databázi jsou evidovány i tři pozice vztahující se k problematice vzorkování vod, a to vzorkař pitných vod (ID 102061), vzorkař odpadních vod (ID 102060) a chemik pro vzorkování (ID 102812), včetně definování náplně práce. Vzorkař pitné vody provádí odběr vzorků pitné a surové vody na odběrných místech vodovodních řadů, zdrojů a úpraven vod. Vzorkař odpadních vod provádí odběr vzorků odpadních vod a kalů na odběrných místech kanalizace a čistíren odpadních vod. Chemik pro vzorkování provádí práce spojené s odběrem vzorků různých matric pro chemické a biologické analýzy a zajišťuje předání do laboratoře. Ačkoliv jsou první dvě uvedená povolání v NSP rozdělena, v praxi dochází při vzorkování vod k jejich prolínání a vzorkař v mnoha případech odebírá vzorky pitných i odpadních vod.

Základní kvalifikační předpoklady pro povolání vzorkař pitných vod a vzorkař odpadních vod jsou v NSP téměř identické a liší se pouze v detailu. Obecně lze říct, že podle NSP poskytuje nejvhodnější přípravu pro tuto pozici střední vzdělání s maturitní zkouškou, případně vyšší vzdělání v tomto nebo příbuzném oboru. Podle potřeby zaměstnavatele je kvalifikace vzorkařů doplněna o znalosti, které lze získat absolvováním specializovaných kurzů. Poněkud odlišná je situace u chemika pro vzorkování. U této profese se na jednu stranu očekává jeho využití pro rutinní vzorkování především ve výrobních provozech, nicméně požadavky kladené na jeho znalosti a dovednosti jsou výrazně vyšší než v případech vzorkařů (pitné vody, resp. odpadních vod), neboť se předpokládá, že tento pracovník bude zpracovávat program odběru vzorků a podílet se na řízení procesu odběru vzorků včetně jejich transportu do laboratoří.

Detailnějším popisem a úrovní kvalifikace se zabývá Národní soustava kvalifikací. NSK je průběžně budovaný, státem podporovaný a občany i zaměstnavateli využitelný registr profesních kvalifikací existujících na pracovním trhu v ČR. Umožňuje zájemcům získat celostátně uznávané osvědčení o jejich profesní

kvalifikaci. Rozvoj a implementaci Národní soustavy kvalifikací zajišťuje do roku 2015 stejnojmenný projekt MŠMT financovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Databáze NSK uvádí kvalifikační předpoklady pro obě dvě pracovní pozice vztahující se k problematice vzorkování vod, tj. vzorkař odpadních vod (kód 36-078-H) a vzorkař pitné vody (kód 36-079-H). Databáze uvádí, jaké kvalifikační standardy musí osoba splňovat pro jednotlivé profese, jakým způsobem má být realizována zkouška způsobilosti, dále pak požadavky na odbornou způsobilost zkoušejících a v neposlední řadě samotné hodnocení zkoušky a nezbytné materiální a technické vybavení pro provedení zkoušky.

Požadavky uvedené pro povolání vzorkař pitných vod a vzorkař odpadních vod lze považovat za vhodnou, doporučenou úroveň kvalifikace vzorkařů. Pro potřeby laboratoří zajišťujících odběru vzorků i jiných typů vod lze tyto požadavky vhodně modifikovat a přizpůsobit konkrétním podmínkám. V NSK jsou požadavky definovány v zásadě jako podklady pro složení zkoušky, jako zadání zkušebních okruhů a otázek. V praxi k nim však lze přistoupit jako k souhrnu potřebných znalostí a dovedností a využít je tímto způsobem.

Ačkoli povolání chemik pro vzorkování lze vnímat jako profesi s vyšší úrovní znalostí, než je vyžadována pro „běžné vzorkaře", požadavky na toto povolání definované v NSK nelze volně aplikovat do oblasti vzorkování vod. V rámci metodiky, která bude výstupem projektu, je proto navrhováno povolání specialista vzorkování vod, které představuje alternativu povolání chemik pro vzorkování, nicméně se jedná o profesní specializaci. Kvalifikační standard specialisty vzorkování vod (tj. požadavky na jeho znalosti a dovednosti) byly navrženy tak, aby pracovník uměl nejen odebrat vzorek různých typů vod, ale aby uměl také zpracovat program odběru vzorků a další dokumentaci a řídit činnosti při vzorkování. Kvalifikační standard je koncipován ve stejné struktuře jako v NSK a i v tomto případě platí stejné poznámky o využití požadavků pro potřeby laboratoře jako u vzorkaře pitné vody nebo vzorkaře odpadních vod. Klíčovým inovativním prvkem ale je, že jednotlivá znalostní kritéria byla navržena na základě požadavků a potřeb aplikační sféry (viz provedené dotazníkové šetření) a dalších skutečností získaných při aplikovaném výzkumu (např. provedené série terénních experimentů).

Jelikož nebude usilováno o zařazení této specializace do NSK, bude moci aplikační sféra navrženou metodiku využít zcela volně v rozsahu a způsobem podle svých představ. Metodickou podporou pro implementaci metodiky do praxe pak budou představovat zejména její přílohy – metodické listy a obrazové přílohy, karta bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, vzorový příkaz k provedení odběru vzorků apod.

METODICKÉ LISTY PRO ODBĚR VZORKŮ VOD A DALŠÍ DOKUMENTY TÝKAJÍCÍ SE BEZPEČNOSTI PRÁCE PŘI VZORKOVÁNÍ

Protože požadavky na odběry vzorků včetně předpisů bezpečnosti práce jsou rozptýleny v řadě dokumentů, byly v rámci řešení projektu zpracovány metodické listy pro odběr vzorků vod, které obsahují základní zásady pro odběr vzorků (pro orientaci v problematice, nikoliv pro řádné provedení odběru ve všech detailech), přehled právních předpisů upravujících odběr vzorků a bezpečnost a ochranu zdraví při práci, přehled norem pro odběr vzorků vod, seznam pomůcek, vybavení a dokumentace potřebných při práci, výčet možných nebezpečných situací a seznam osobních ochranných pracovních prostředků. Metodické listy byly zpracovány pro odběr vzorků tekoucích povrchových vod, stojatých povrchových vod, podzemních vod, pitných vod a odpadních vod včetně tekutých kalů (aktivovaného kalu apod.).

Části metodických listů týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci jsou provázány s kartou BOZP pro profesi vzorkař vod a tekutých kalů a vzorem příkazu k provedení odběru vzorků. Využití těchto dokumentů pomůže laboratořím ke zvládnutí problematiky BOZP při odběrech vzorků vod. Finální verze metodiky včetně uvedených příloh, bude v plném znění zveřejněna na webových stránkách řešitelských organizací na začátku roku 2018.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TD03000017 Kritéria a požadavky na způsobilost osob oprávněných ke vzorkování vod. Projekt byl realizován za finanční podpory Technologické agentury České republiky.

Literatura

[1] ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří.

[2] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

[3] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

[4] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

[5] Zejména tyto předpisy:

– Nařízení vlády č. 143/2012 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod.

– Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

– Nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

– Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

– Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

– Vyhláška č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajónů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod, ve znění pozdějších předpisů.

– Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod, ve znění pozdějších předpisů.

– Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů.

– Vyhláška č. 123/2012 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

[6] Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů.

[7] Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů.

[8] Zejména tyto předpisy:

– Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí.

– Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky, ve znění pozdějších předpisů.

– Nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.

– Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů.

[9] ČSN EN ISO 5667-14:2017 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 14: Návod pro prokazování a řízení kvality odběru vzorků vod a manipulace s nimi.

Autoři

Ing. Jiří Kučera[1]
✉ jiri.kucera@vuv.cz

Ing. Jana Čapková[1]
✉ jana.capkova@vuv.cz

Ing. Alžběta Petránová[1]
✉ alzbeta.petranova@vuv.cz

RNDr. Mgr. Petr A. Skřehot, Ph.D.[2]
✉ skrehot@zuboz.cz

RNDr. Ing. Marcela Skřehotová[3]
✉ skrehotova@ergowork.cz

[1]Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
[2]Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z. ú.
[3]ERGOWORK s. r. o.

WATER SAMPLING SPECIALIST AND REQUIREMENTS FOR HIS PROFESSIONAL COMPETENCE

KUCERA, J.[1]; CAPKOVA, J.[1]; PETRANOVA, A.[1]; SKREHOT, P. A.[2]; SKREHOTOVA, M.[3]

[1]TGM Water Research Institute, p. r. i.
[2]Expert Institute of Safety and Health Protection
[3]ERGOWORK s. r. o.

Keywords: sampling — sampler — qualifications

Testing laboratory is responsible for the sampling for the purposes of the Water Act, the Water Supply and Sewerage Act and the Public Health Protection Act. Requirements for the qualification and further training of samplers are defined by the laboratory in its controlled documentation, while in the case of water sampling; the new minimum requirements are set in the standard ČSN EN ISO 5667-14. For the definition of requirements, the laboratory may use the qualification standards for the profession of drinking water sampler and the waste water sampler. The paper describes the reasons for designing new water sampling specialist profession and its qualification standard. At the same time, the documents prepared for health and safety at work for water sampling are presented.

Autoři VTEI

Mgr. Martin Caletka
VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ martin.caletka@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Martin Caletka je pracovník oddělení hospodaření s vodou ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2013. V roce 2013 dokončil magisterský stupeň studia oboru Fyzická geografie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. V současnosti je tamtéž studentem doktorského studijního programu a v rámci svého studia se zaměřuje na možnosti identifikace konvektivních cílů na radarových snímcích a modelování s využitím GIS. Podílí se na řešení projektů Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v ČR a Systém řízení a monitoringu vodohospodářské infrastruktury.

Ing. Stanislav Juráň
VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ stanislav.juran@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Stanislav Juráň je zaměstnancem oddělení ochrany vod ve VÚV TGM, v. v. i., na brněnské pobočce od roku 1997. V roce 1984 ukončil studium vodního hospodářství na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně. Následně pracoval v podniku Povodí Moravy, s. p., jako havarijní a povodňový technik a na městském úřadě ve Šlapanicích jako vedoucí odboru ekologie a životního prostředí. V současné době je vedoucím české části skupiny Ochrana vod, pracující v rámci Česko-slovenské komise pro hraniční vody, která se podílí na pracovních činnostech Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje. Ing. Juráň se zaměřuje na modelování a pohyb nutrientů v povrchových a odpadních vodách a výskyt nebezpečných látek.

Jan Kašpárek
VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ jan.kasparek@vuv.cz
www.vuv.cz

Jan Kašpárek je pracovníkem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1998. Původně působil v oddělení laboratorní a měřicí techniky VÚV, pak ve firmě KAP (monitoring kontaminovaných oblastí) a Ústavu radiační onkologie (dozimetrie). Absolvoval Střední průmyslovou školu elektrotechnickou. Zabývá se měřením průtoků v tocích, přístrojovým měřením hladiny vodních toků a měřením hladiny podzemní vody. Zajišťuje dlouhodobá meteorologická a hydrologická pozorování v Polické pánvi a povodí Rakovnického potoka, projekty, instalace a provoz pozorovacích sítí pro řadu významných projektů, například pro Zatápění zbytkových jam, Rebilance podzemních vod či Lokality akumulace povrchových vod.

Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.
VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ ladislav.kasparek@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Ladislav Kašpárek v letošním roce překročil třicetiletou dobu zaměstnání v oddělení hydrologie VÚV TGM, v. v. i. V oboru hydrologie působil od roku 1968 v ČHMÚ, po ukončení studia na Fakultě stavební ČVUT obor Vodní hospodářství v roce 1965 pracoval krátce jako technický dozor na vodohospodářských stavbách. I když vykonával v ČHMÚ i VÚV funkce vedoucího oddělení a odboru, zaměřoval se zejména na odbornou práci v oblasti vývoje metod hodnocení hydrologických jevů, včetně těch extrémních, a na vývoj hydrologických bilančních modelů. V posledních letech řešil zejména projekty zadané podniky Povodí a dalšími uživateli hydrologických dat.

Ing. Jiří Kučera
VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ jiri.kucera@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Jiří Kučera v roce 1998 dokončil studium oboru Technologie ochrany prostředí na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze, Fakultě technologie ochrany prostředí. Pracuje ve VÚV TGM, v. v. i., jako vedoucí oddělení vodárenství a čištění odpadních vod.

Ing. Eva Mlejnská
VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ eva.mlejnska@vuv.cz
www.vuv.cz

Ing. Eva Mlejnská je zaměstnancem ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2002, od roku 2006 je vedoucí oddělení Technologická laboratoř a od roku 2013 vedoucí odboru Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů. Vystudovala VŠCHT v Praze, Fakultu technologie a ochrany životního prostředí. Od roku 2013 je aktivním členem GWP CEE. Zabývá se zejména problematikou čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií a hodnocením kvality podzemních vod v pramenech na území hlavního města Prahy.

Rozhovor s Ing. Jiřím Hůlkou, náměstkem Státního ústavu radiační ochrany, v. v. i., v oblasti výzkumu a vývoje

Mohl byste v krátkosti představit Vaši instituci?

Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) je od roku 2011 veřejnou výzkumnou institucí, kdy byl zřízen rozhodnutím předsedkyně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Navazuje na tradici Státního ústavu radiační ochrany ČR, který jako organizační složka státu vznikl 1. 7. 1995 z Centra hygieny záření Státního zdravotního ústavu, nástupce dřívějšího Institutu hygieny a epidemiologie. Historie ústavu tak sahá až do 60 let minulého století.

Ústav sídlí v Praze Nuslích, kde má vlastní moderní areál, součástí ústavu jsou dvě pobočky sídlící v budovách Regionálních center SÚJB: v Hradci Králové-Pileticích a v Ostravě. Od letošního roku 2017 se poslání ústavu rozšířilo o problematiku jaderné bezpečnosti pro nezávislou podporu SÚJB v této oblasti. V současné době má ústav 121 zaměstnanců a rozpočet přes 100 mil Kč.

Ústav plní rozsáhlé úkoly v oblasti ochrany před ionizujícím zářením ve všech oblastech, tzn. expozice umělým, přírodním i lékařským zdrojům záření, a to především pro potřeby zřizovatele (SÚJB). Sleduje uvedené složky ozáření, analyzuje jejich závažnost i jejich vývoj v čase, studuje možnosti, jak ozáření rozumně omezovat, má také přispívat k větší informovanosti občanů naší republiky o expozici ionizujícímu záření. Ústav udržuje velkou laboratorní a terénní měřicí kapacitu tak, aby bylo možné kdykoliv stanovit obsah radionuklidů ve složkách životního prostředí, biologických materiálech a v populaci a stanovit dávky ionizujícího záření, a to zejména za mimořádné radiační situace. Zajišťuje tedy v radiační ochraně takové činnosti, které nejsou přímo státním dozorem, ani nejsou zajišťovány privátními poskytovateli služeb.

Pokud bychom činnosti ústavu pro potřeby státu více konkretizovali, jde o následující: v oblasti expozice umělým zdrojům záření zabezpečuje především významné části tzv. Radiační monitorovací sítě ČR (RMS) v „normálním" i havarijním monitorování (režimu) s cílem včasného zjištění radiační havárie o hodnocení následků havárie a získávání podkladů pro přijímání opatření na ochranu obyvatelstva. Ústav byl u zrodu RMS, která začala fungovat již po havárii JE v Černobylu v roce 1986. Dnes se RMS skládá ze vzájemně spolupracujících dílčích sítí a na všech se SÚRO významně podílí. Jedná se např. o Síť včasného zjištění (SVZ), sítě termoluminiscenčních dozimetrů (TLD), měřící místa kontaminace ovzduší (MMKO), centrální laboratoř, pozemní a letecké mobilní skupiny, určené k provádění terénních měření a analýz radiační situace. Součástí RMS je i informační systém MONRAS, který řídí SÚJB, náš ústav se významně podílí na sběru, zpracování a dodávání dat. Ústav zajišťuje stálé pohotovostní služby pro případ radiační mimořádné události, podporu Krizového koordinačního centra SÚJB při zajištění havarijní připravenosti. Dále sleduje i stav ozáření obyvatelstva a pracovníků z umělých radionuklidů v souvislosti s našimi jadernými zařízeními a dalšími zdroji (namátkové odběry a analýza vzdušných výpustí jaderných zařízení a monitorování okolí JE) a podílí se na monitorování vybraných zařízení se zdroji IZ ve správě státu. Ústav monitoruje i dlouhodobý vývoj radiační situace včetně následků způsobených předchozími událostmi s dopadem na území ČR (např. spad ze zkoušek jaderných zbraní v atmosféře, z havárie JE Černobyl).

Druhou oblastí je expozice přírodním zdrojům záření. Jde zejména o aktivity v tzv. Radonovém programu České republiky. To zahrnuje rozsáhlý program průzkumu radonu v budovách (dosud proměřeno téměř 200 000 budov, jde zejména o byty v rodinných domech a dětská zařízení), vyhledávání a diagnostiku radonem postižených budov vč. spolupráce u kontroly protiradonových opatření, informování profesionálů i obyvatelstva. Dále se zabýváme sledováním ozáření obyvatelstva z dalších možných zdrojů přírodní radioaktivity (stavebních materiálů a vody), i dopadem tzv. starých zátěží, např. po těžbě a zpracování uranu. Novou problematikou je expozice radonu na pracovištích, vč. pracovišť NORM (pracoviště s materiály s vyšším obsahem přírodních radionuklidů).

Třetí hlavní oblastí je tzv. lékařská expozice, zahrnující sledování radiační zátěže při lékařském ozáření v radioterapii, radiodiagnostice i v oblasti nukleární medicíny, kontrolou systému jakosti při lékařském ozáření atd.

Kromě této běžné činnosti pro SÚJB provádí SÚRO ve všech uvedených oblastech trvale výzkum pro potřeby státu. Výsledky se snažíme přenést jak do vlastní činnosti ústavu, tak do praxe státního dozoru. Připravujeme doporučení, metodiky, informace pro profesionály i veřejnost, zajišťujeme i vzdělávání a školení, mj. i pro stážisty ze zahraničí především pro Mezinárodní agenturu pro atomovou energii (MAAE).

Mezi dlouhodobou a významnou výzkumnou činnost patří i epidemiologické studie souvislosti výskytu zhoubných novotvarů s ozářením. Zde se zejména zabýváme souvislostí rizika rakoviny plic (ev. rizika dalších onemocnění) a expozici radonu, a to jednak u bývalých horníků uranových dolů, jednak u obyvatelstva. Tyto studie představují významný zdroj vědeckých poznatků o zdravotních účincích radonu v celosvětovém měřítku.

Kromě výzkumu pro potřeby státu provádíme i další výzkum a vývoje, např. nových detekčních systémů ve spolupráci s podniky. V SÚRO je několik unikátních laboratoří, např. laboratoř celotělového počítače pro vnitřní kontaminaci, špičková radonová komora, kde organizujeme i mezinárodní porovnávací měření, kalibrační laboratoř pro X/gama svazky, laboratoř dozimetrie s TLD a OSL a další.

Za úspěch a ocenění minulého období považujeme, že SÚRO oslovila MAAE ve Vídni s nabídkou Memoranda – ujednání o spolupráci mezi MAAE a SÚRO v oblasti technických služeb pro radiační bezpečnost.

Od 1. 1. 2011 je Vaše organizace veřejná výzkumná instituce, mohl byste toto období zhodnotit a podělit se o Vaše zkušenosti s tímto typem organizace?

Pro SÚRO byl přechod z organizační složky státu na v. v. i. pozitivní. Ústav získal samostatnost v rozhodování např. o počtech pracovníků a v míře možné i o jejich platech, takže výkonné pracovníky můžeme dobře odměňovat. Rozhodujeme se do jakých výzkumných projektů se zapojit, kam směřovat pilotní rozvojové projekty v rámci institucionální podpory, máme možnost vydělané finanční prostředky v tzv. jiné činnosti použít na další rozvoj výzkumné organizace. Na druhou stranu má ústav větší odpovědnost za své hospodaření se všemi riziky, které k tomu patří; pokud se nebude dařit získat nové projekty, bude to mít důsledky vč. mzdových, a za to si ústav již odpovídá sám.

Naše pozitivní hodnocení ovšem vyplývá z toho, že se ústavu od vzniku v. v. i. v roce 2011 dařilo. Získali jsme v soutěžích řadu výzkumných projektů, a to od různých poskytovatelů (MV – bezpečnostní výzkum, TA ČR program ALFA, BETA i Centrum kompetence, GA ČR, MŠMT, i projekty EU). Výzkum představuje dnes přibližně 50 % rozpočtu, toto procento kolísá podle aktuálního počtu získaných projektů. Většina finančních zdrojů výzkumu je tedy ze soutěží, institucionální podpora představuje dosud minoritní část rozpočtu, cca 10 % rozpočtu. Určitou nevýhodou a rizikem proto je, že velká část našeho rozpočtu je dlouhodobě nestabilní a zcela závislá na úspěchu v soutěžích. Nicméně na druhou stranu to motivuje k velkému nasazení. Přijali jsme talentované pracovníky, k tomu bylo nutné mít možnost je dobře odměňovat – a to jsme udělali.

Zcela novou zkušeností byla pro nás po vzniku v. v. i. možnost společných výzkumných projektů s podniky. V rámci těchto projektů jsme vyvíjeli zejména nové detekční systémy. Měli jsme štěstí, že naši partneři byly velmi aktivní, ambiciózní a na trhu úspěšní, takže se podařilo vyvinout produkty, které se v bezpečnostní praxi hned uplatnily. Spolupráce s podniky na konkrétním produktu, který musí být hotov a fungovat v termínu, nás myslím naučila pracovat více pragmaticky a efektivně. Podporovali a vyhledávali jsme také spolupráci s dalšími výzkumnými ústavy u nás i v zahraničí, takže při hodnocení ústavu Ministerstvem vnitra ČR, pod něž spadáme z hlediska poskytování tzv. institucionální podpory, jsme byli oceňováni mj. i za tyto rozsáhlé vazby s dalšími výzkumnými centry a podniky.

Jaké vidíte možnosti financování těchto institucí?

Ústavy našeho typu (tj. ústavy zřízené resorty k odborné a výzkumné podpoře resortu, resp. státu), aby fungovaly dobře, musejí mít podle mého názoru minimálně tři vyvážené oblasti příjmu:

A. rozumné zdroje od svého zřizovatele (resortu) na tzv. další činnost pro zřizovatele, tj. dlouhodobé odborné služby, které zřizovateli, resp. státu poskytuje. To je důležité jak pro ústavy, tak pro zřizovatele z hlediska udržování dlouhodobé dobré praxe a odbornosti;

B. rozumné zdroje na dlouhodobý výzkum (tzv. institucionální podpora), určené k tomu, aby ústav mohl investovat do moderních technologií a rozvíjet vlastní výzkumnou činnost, např. formou pilotních ověřovacích projektů (feasibilty study, proof of concept), v otázkách důležitých pro potřeby státu. Tyto zdroje by neměly být v rozpočtu ústavů minoritní;

C. zdroje z výzkumných projektů získaných v soutěžích, tyto zdroje jsou „nejisté", ale o to víc motivují k vysokému pracovnímu nasazení.

Naši kolegové z Německa mi např. říkali, že první dva okruhy A + B by u nich měly představovat cca 80 % rozpočtu ústavu tak, aby byl dlouhodobě stabilní, 20 % kapacity je pro soutěže.

Kromě toho si ústavy mohou přivydělávat ve volné kapacitě tzv. jinou činností, ale ta má být podle mého názoru spíš okrajová, aby neodváděla od hlavní činnosti. U nás např. jiná činnost představuje cca 2 % rozpočtu.

Můžete uvést hlavní směry výzkumu v oblasti radiační ochrany a očekávaný vývoj v dalším období?

Pokud se podíváme, kam směřuje výzkum v radiační ochraně, např. v evropském výzkumném prostoru, najdeme zde několik tzv. platforem (MELODI, NERIS, ALLIANCE, EURADOS), kde se de facto zorganizovali odborníci podle výzkumných a praktických témat, které jsou aktuální.

V základním výzkumu je to radiobiologie (platforma MELODI), zejména jde o otázky nízkých dávek, platnosti LNT hypotézy, otázka individuální radiosensitivity jak v oblasti nízkých dávek, tak vysokých dávek (při radioterapii). Sem patří, jako nástroj výzkumu vlivu záření na zdraví, i epidemiologické studie.

V aplikovaném výzkumu je to rozsáhlá oblast připravenosti na radiační havárie, zejména jaderných zařízení, i možného zlovolného zneužití radioaktivních látek, včetně výzkumu likvidace následků takové havárie (platforma NERIS). Týká se jak otázek dopadu na zdraví lidí, tak dopadu následků havárie na zemědělství, krajinný kryt atd. Do tohoto okruhu bych zařadil i celou oblast výzkumu v radioekologii (platforma ALLIANCE), který je dnes myslím spíš aplikovaným než základním výzkumem. Velká pozornost se věnuje výzkumu vnímání rizika a psychosociálním dopadům. Dalším okruhem výzkumu a vývoje je oblast osobních dávek a osobní dozimetrie (platforma EURADOS). Nově se ustanovuje EU platforma pro tzv. lékařskou expozici, která bude pokrývat výzkum v rozsáhlé oblasti radioterapie i radiodiagnostiky.

Dochází – a to patří jak do výzkumu, tak do vývoje – k rychlému rozvoji nových detektorů (např. pixelové nebo stripové detektory, na bázi polovodičových prvků původně vyvinutých pro základní výzkum) a systémů zpracování dat vč. automatizace a robotizace. Nové technologie zasáhnou zřejmě brzy do všech uvedených oblastí radiační ochrany.

Jaké vidíte možnosti mezinárodní spolupráce v této oblasti?

Počítáme s tím, že bude docházet k většímu propojení výzkumu v rámci EU a ke snaze o jeho zefektivnění. První pokus o zmapování toho, co se ve výzkumu v radiační ochraně v členských státech EU děje, byl projekt OPERRA (Open Project for the European Radiation Research Area) v rámci FP7, tj. 7. rámcového programu EU pro výzkum. V rámci H2020 byl pro tento účel připraven ještě ambicioznější projekt CONCERT (European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research) www.concert-h2020.eu. Tento projekt připravuje evropskou strategickou výzkumnou agendu (SVA), mapuje stav poznání, mapuje a poskytuje informace o evropském systému výzkumných infrastruktur pro radiační ochranu a přístupu k nim (AIR bulletin) a podle odsouhlasených témat v SVA vypisuje soutěže. Za oponenty k hodnocení podaných projektů do soutěží vybral nezávislé experty mimo EU (z USA, Japonska atd.) a dal tím najevo, že měřítkem úspěchu bude náročnost. Tomu se musíme přizpůsobit.

RNDr. Diana Marešová, Ph.D.

Zdroj fotografie:
Czech & Slovak Leaders

Diplom akademika Theodora Ježdíka

V roce 1980 u příležitosti 90. výročí narození akademika Theodora Ježdíka vyhlásil tehdejší Český ústřední výbor vodohospodářské společnosti ČSVTS z podnětu prof. Ing. Dr. L. Votruby, DrSc., Diplom akademika Theodora Ježdíka jako cenu za stěžejní díla z oblasti teorie, výzkumu, vývoje, přípravy, výstavby a provozu vodohospodářských děl a zařízení. S vědomím účelného a motivujícího povzbuzení odborné, resp. vědecké, činnosti v oboru se výbor České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti zabýval obnovením této ceny pod původním názvem a jejím znovu vyhlášením pro rok 2004, jen s mírně upraveným statutem s ohledem na současné podmínky. K dalšímu doplnění a úpravě došlo z rozhodnutí výboru v roce 2017.

Akademik Theodor Ježdík (9. 11. 1889–27. 2. 1967) byl vynikajícím odborníkem, vysokoškolským učitelem, významnou osobností ČVUT a dalších institucí. Jako profesor vzbuzoval u svých studentů i u celé odborné veřejnosti mimořádnou úctu. Měl vzácné lidské vlastnosti, z nichž vycházela výjimečná a oboustranná důvěra, své kolegy, studenty a mladé absolventy oslovoval také činorodou sociální citlivostí a připraveností k okamžité pomoci i v materiální oblasti.

Byl zakladatelem dnešní katedry hydrotechniky na Fakultě stavební ČVUT a přednášel předměty týkající se zejména vodních nádrží, přehrad a staveb k využití vodní energie. Na jeho přednášky vzpomínají jeho studenti jako na vynikající. Vědecky přispěl do hydrauliky, úprav toků, řešení nádrží a přehrad. Z původních vědeckých prací bývá nejvíce oceňováno jeho odvození vztahu pro kritický stav průtoku v korytě obecného průřezu z roku 1924, na něž se ve světové literatuře poukazovalo až v roce 1941, a odvození původní metody návrhu příčného profilu tížných přehrad. Angažoval se v odborných problémech vodohospodářské praxe, zvláště výstavby přehrad a vodních elektráren, a zabýval se i problematikou vodních staveb ve vztahu k životnímu prostředí, jakožto i vysokoškolskou pedagogikou.

Zastával významné akademické funkce, kdy v letech 1955–1960 byl rektorem ČVUT. Měl mnoho veřejných funkcí, jimž nezištně věnoval mnoho času. Nejvíce mu přirostla k srdci Česká matice technická. Zařadil se mezi nejvýznamnější osobnosti české techniky 20. století. Plným právem jej tedy mimo jiné bude obnovený diplom připomínat.

Statut Diplomu akademika Theodora Ježdíka

CÍL OCENĚNÍ

Diplom akademika Theodora Ježdíka je udělován stěžejním dílům z oblasti teorie, výzkumu, vývoje, přípravy, výstavby a provozu vodohospodářských děl a zařízení, která vznikla na území České republiky.

NOMINACE DÍLA

A. Udělení Diplomu akademika Theodora Ježdíka konkrétnímu dílu (projektu, práci) může navrhnout individuální člen ČVTVHS, z. s., nebo zástupce přidružené instituce.

B. Navržené dílo (projekt, práce) musí splňovat následující náležitosti:

- Autor je odborníkem působícím v České republice, v případě autorského týmu je podmínkou, aby vedoucí autor a současně většina autorského týmu působili v České republice.
- Nominované dílo dosud nebylo oceněno jinou oficiální cenou.
- Nominované dílo není starší pěti let od uveřejnění nebo dokončení realizace.

C. Nominace jsou předávány výboru písemně s uvedením:

- jména autora, v případě autorského týmu jmen všech jeho členů a uvedení vedoucího týmu;
- zdůvodnění návrhu v podobě stručného popisu díla, z něhož musí být jasné, v čem spočívá význam a podnětnost přihlášené práce a jejího přínosu díla pro oblast teorie, výzkumu, vývoje, přípravy, výstavby a provozu vodohospodářských děl a zařízení;
- podklady či odkazy na takové materiály, které jsou nezbytné pro posouzení díla (např. text studie, dokumentace projektu, dokumentace realizace stavby či použité technologie apod.).

POSOUZENÍ NAVRŽENÉHO DÍLA

A. Na základě nominace výbor ČVTVHS, z. s., ustaví minimálně tříčlennou odbornou porotu pro posouzení díla. Její členové jsou vybíráni s ohledem na jejich odbornost ve vztahu k tématu nominovaného díla.

B. Členem poroty nemůže být nikdo z řešitelů posuzovaných prací.

C. Porota zpracuje stanovisko s doporučením udělení diplomu a předá jej výboru ČVTVHS, z. s.

ROZHODNUTÍ O UDĚLENÍ DIPLOMU AKADEMIKA THEODORA JEŽDÍKA

A. Stanoviska odborných porot schraňuje tajemník výboru ČVTVHS, z. s., který je předkládá na prvním jednání výboru v kalendářním roce vždy souhrnně za předchozí kalendářní rok.

B. Výbor ČVTVHS, z. s., na svém zasedání rozhodne o udělení Diplomu akademika Theodora Ježdíka, přičemž v jednom roce mohou být ocenění udělena nejvýše dvěma nominovaným dílům.

C. Proti rozhodnutí o udělení diplomu není odvolání právní cestou.

PŘEDÁNÍ OCENĚNÍ

A. Diplomy jsou předány autorům oceněného díla na nejbližší valné hromadě ČVTVHS, z. s.

B. Udělení diplomu může být doprovázeno dalším oceněním v rámci ČVTVHS, z. s., a případně finanční odměnou ve výši stanovené výborem s ohledem na aktuální možnosti ČVTVHS, z. s.

C. Rozhodnutí o udělení diplomů bude zveřejněno v časopisu VTEI.

Ostatní

Dílo, které bylo nominováno a doporučeno odbornou komisí k ocenění, avšak nebylo na základě rozhodnutí výboru oceněno v daném roce, je možné jednou znovu nominovat, pokud nadále splňuje podmínky uvedené v článku II. Výbor přitom může rozhodnout o akceptaci stanoviska odborné komise z předešlého posouzení díla.

Praha, duben 2017

Autor

Ing. Václav Bečvář, CSc.
tajemník ČVTVHS, z. s.

Zápis z jednání valné hromady ČVTVHS, z. s.

Místo konání: sál č. 319, Klub techniků, Novotného lávka 5, Praha 1
Datum a čas zasedání: 24. května 2017, 10:00 hod.
Jednání řídil: místopředseda společnosti Ing. Jan Kubát

1. ZAHÁJENÍ

Po formálním zahájení předsedající Ing. Jan Kubát přivítal kromě přítomných členů ČVTVHS, z. s., hosty: doc. Ing. Daniela Hanuse, CSc., EUR ING, předsedu ČSVTS, z. s., Ing. Evženu Zavadila, zástupce ředitele odboru ochrany vod na MŽP, Ing. Pavla Hucka, CSc., předsedu Slovenské vodohospodářské společnosti a Mgr. Jiřího Hrušku jako zástupce SOVAK. Doc. Hanus pak přednesl krátkou informaci o činnosti ČSVTS, z. s., a o spolupráci s námi.

2. VOLBA MANDÁTOVÉ A NÁVRHOVÉ KOMISE

Do mandátové komise byli navrženi a zvoleni Ing. Tomáš Kendík., Ing. Miroslav Tesař, CSc., a na návrh z pléna Ing. Petr Vít. Předsedou komise se stal Ing. M. Tesař, CSc.

Do návrhové komise byli navrženi a zvoleni Ing. Jiří Poláček (jako předseda této komise), Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA, a podle návrhu z pléna Ing. Zdeněk Barták.

3. ZPRÁVA O ČINNOSTI ČVTVHS, Z. S., V OBDOBÍ OD KVĚTNA 2016 DO KVĚTNA 2017

Zprávu přednesl předseda společnosti Mgr. Mark Rieder. Informoval v ní o činnosti výboru v uvedeném období a o plnění jednotlivých bodů usnesení loňské valné hromady. Ocenil odborné i finanční výsledky deseti loňských odborných akcí, informoval o struktuře a problémech našich odborných skupin. Dále pozitivně zhodnotil spolupráci s většinou našich přidružených členů, prospěšné kontakty s ministerstvy zemědělství a životního prostředí i s Českým svazem vědeckotechnických společností, z. s., a s Global Water Partnership, Svazem vodního hospodářství a se SOVAK. Řekl, že jejich podporu a spolupráci chápeme jednak jako výraz ocenění našeho působení v oboru, jednak jako pochopení snah o to, aby se vodní hospodářství neztratilo v často chaotických proměnách současnosti, že si jí vážíme a budeme se o ni opírat i v dalších letech. Zmínil se i o stycích se Slovenskou vodohospodářskou společností i o problémech se zařazováním vybraných akcí do vzdělávacího programu Ministerstva vnitra pro úředníky. Ujistil přítomné, že chceme pokračovat v tradici oceňovat významné práce a přínosy v oboru udělením Diplomu akademika T. Ježdíka. V průběhu roku byl připraven návrh nového statutu této ceny, který výbor projedná a schválí jako interní organizační normu společnosti v nejbližší době.

Na závěr konstatoval, že výbor společnosti, kontrolní komise, odborné skupiny i tajemník si počínali po celé období zodpovědně a požádal členy společnosti, aby podpořili usnesení valné hromady v tomto duchu a všem, kdo se aktivně v uplynulém období podíleli na úspěšné činnosti naší společnosti, poděkoval.

4. ZPRÁVA O HOSPODAŘENÍ V ROCE 2016 A NÁVRH ROZPOČTU NA ROK 2017

V materiálech valné hromady dostali účastníci tabelární přehled hospodaření a návrh rozpočtu, který byl tajemníkem společnosti Ing. Václavem Bečvářem, CSc., okomentován. Hospodaření v roce 2016 skončilo přebytkem 24 525,29 Kč. Bylo to důsledkem zejména finančně úspěšné většiny uspořádaných odborných akcí a pokračujícího trendu šetření.

Rozpočet na rok 2017 se navrhuje jako vyrovnaný na úrovni 1 226 tis. Kč.

5. ZPRÁVA KONTROLNÍ KOMISE

Zprávu přednesla předsedkyně komise Ing. Růžena Divecká. Konstatovala souhlas KK se způsobem řízení společnosti výborem, s výsledky hospodaření v roce 2016 a s návrhem rozpočtu na rok 2017 a doporučila valné hromadě, aby předložené dokumenty schválila.

6. ZPRÁVA MANDÁTOVÉ KOMISE

Zprávu přednesl předseda komise a sdělil, že valné hromady se účastní 17 individuálních a čestných členů s jedním hlasem a 15 zástupců přidružených členů pověřených právem hlasovat, dohromady s celkovou vahou 104 hlasů ze 155 možných. Valná hromada byla v celém svém průběhu usnášeníschopná. Kromě členů společnosti bylo na valné hromadě přítomno i 6 hostů.

7. INFORMACE O LIKVIDACI POBOČNÝCH SPOLKŮ

Předseda Mgr. M. Rieder ve své zprávě mimo výše uvedené sdělil, že proces likvidace pobočných spolků při akciových společnostech Slovácké vodárny a kanalizace, a. s., Uherské Hradiště, Vodárenská akciová společnost, a. s., Třebíč a Vodovody a kanalizace Přerov, a. s., pokračoval prakticky po celý rok 2016 a k výmazu prvních dvou jmenovaných poboček ze spolkového rejstříku došlo v závěru roku 2016, k výmazu pobočky při VaK Přerov pak na počátku roku 2017.

8. ČESTNÉ ČLENSTVÍ

Návrh na udělení čestného členství v České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti, z. s., Ing. Zdeňku Bartákovi přednesl místopředseda výboru Ing. Jan Kubát. Využil této příležitosti k ocenění jeho dosavadní práce jak pro ČVTVHS, z. s., tak i pro vodní hospodářství. Návrh byl schválen a diplom čestného členství pak předsedou výboru Mgr. M. Riederem předán.

9. DISKUSE

Diskuse byla vedena zejména ke způsobům, jak může ČVTVHS, z. s., přispět ke zvýšení zájmu nastupující generace o problematiku vodního hospodářství a ochrany životního prostředí. V diskusi vystoupilo více než 10 účastníků VH, kteří mj. konstatovali, že se potřeba vyšší vzdělanosti netýká jen mladých pracovníků, že jde o systémový problém, jehož řešení bude mnohaleté a vysoce převyšující úroveň působnosti našeho spolku. Nicméně výbor i všichni členové by měli využít každé příležitosti ke zlepšování uvedené negativní skutečnosti.

10. NÁVRH A SCHVÁLENÍ USNESENÍ

Návrh usnesení přednesl předseda návrhové komise Ing. Jiří Poláček. Na žádost předsedajícího Ing. Jana Kubáta bylo pak usnesení, obsahující pasáž o schválení přednesených zpráv a jiné náležitosti, jednomyslně schváleno.

11. ODBORNÝ PROGRAM

Odborným programem byla přednáška na téma Intenzifikace ÚČOV Praha na Císařském ostrově, kterou připravil a přednesl Ing. Petr Kuba, Ph.D., člen výboru a hl. inženýr projektu Sweco Hydroprojekt, a. s.

12. ZÁVĚR

Předsedající Ing. Jan Kubát požádal předsedu Mgr. M. Riedera, aby valnou hromadu zakončil a poté pak všechny účastníky pozval na oběd do restaurace Klubu techniků a členům výboru připomněl, že po obědě se uskuteční v sekretariátu společnosti 20. jednání výboru, ke kterému byli přizváni i členové kontrolní komise a nový čestný člen ČVTVHS, z. s., Ing. Zdeněk Barták.

V Praze dne 24. května 2017
Zapsal: Ing. Václav Bečvář, CSc., tajemník společnosti
Schválil: Mgr. Mark Rieder, předseda společnosti

Obsah časopisu VTEI — ročník 2016

1

4 Národní infrastruktura prostorových dat a úvaha o možné úloze, kterou mohou zastávat produkty GIS a kartografie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (Sovjáková, E.)

16 Stanovení koliformních bakterií a Escherichia coli na chromogenním médiu (Baudišová, D.)

20 Posouzení vztahu mezi kvalitou vody a funkcemi malých vodních nádrží (Rozkošný, M., Adámek, Z., Hudcová, H., Sedláček, P., Pavelková, R., David, V., Dzuráková, M.)

28 Rychlá metoda stanovení celkové objemové aktivity beta (Sedlářová, B., Hanslík, E., Juranová, E.)

34 Vliv barometrického tlaku na úroveň hladiny vody v pozorovacích vrtech (Kašpárek, J.)

39 Ověření Českého imisního testu (Šajer, J.)

46 Rozhovor s radioekologem Ing. Eduardem Hanslíkem, CSc. (redakce)

49 Základní hydrologické údaje za referenční období 1981—2010 (Šercl, P., Kukla, P.)

50 Seminář expertů Visegrádské skupiny (Wanner, F.)

52 ČVTVHS v roce 2015 (Bečvář, V.)

2

Dvacet pět let systematického sledování jakosti podzemních vod v České republice (Kodeš, V., Svátková, M., Freisleben, J.) 4

Návrhové parametry, provozní zkušenosti a možnosti intenzifikace umělých mokřadů (Mlejnská, E., Rozkošný, M.) 11

Umělé radionuklidy v hydrosféře — reziduální kontaminace a vliv Jaderné elektrárny Temelín (Hanslík, E., Marešová, D., Juranová, E., Sedlářová, B.) 20

SWOT analýza modernizace úpravny vody Želivka (Tušil, P.) 28

Prameny v intravilánech měst — seznámení s projektem (Fuksa, J. K., Matoušová, L., Eckhardt, P., Mlejnská, E.) 38

Odpadní voda — odpad nebo poklad? (Beránková, M.) 43

Rozhovor s RNDr. Petrem Kubalou, generálním ředitelem Povodí Vltavy (redakce) 48

V Praze proběhlo plenární zasedání Mezinárodní asociace hydrologických věd a bylo schváleno tzv. Pražské prohlášení (Ledvinka, O.) 52

Pražské prohlášení o potřebě vývoje systémů managementu vodních zdrojů (Ledvinka, O.) 53

VÚV TGM, v. v. i. — spolupořadatel a účastník konference Analytika odpadů (Vološinová, D., Zuberová, J.) 55

ČVTVHS v roce 2016 (Bečvář, V.) 56

3

4 Jakost vody ve vodárenské nádrži Švihov na Želivce a jejím povodí se zaměřením na specifické organické látky (Liška, M., Soukupová, K., Dobiáš, J., Metelková, A., Goldbach, J., Kvítek, T.)

12 Scénáře budoucích potřeb vody v sektoru veřejných vodovodů (Ansorge, L.)

21 Specifika místních vodních zdrojů při zásobování obyvatelstva pitnou vodou (Datel, J. V., Hrabánková, A.)

28 Reliability assessment of levees based on failure investigations (Heyer, T.)

34 Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků (Svobodová, J., Fischer, D., Svobodová, E., Vlach, P.)

39 Simulace dopadů modifikací platby k úhradě správy vodních toků a správy povodí (Slavíková, L., Vojáček, O., Petružela, L.)

46 Rozhovor s prezidentem Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje Ing. Petrem J. Kalašem (redakce)

48 Zatopené kulturní a přírodní dědictví jižní Moravy

49 Pietro Angelo Secchi a jeho stopadesátiletá deska (Fiala, D.)

53 Zapojte se do ochrany potápky černokrké (Fiala, D.)

54 Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče — představení projektu (Rozkošný, M., Dzuráková, M.)

55 XXIV. konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství (Hanslík, E.)

56 Zpráva o průběhu semináře Vodovody a kanalizace — hlavní problémy správy, provozu a investičního rozvoje (Plechatý, J.)

4

Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice (Drbal, K.) 4

Analýza změn odtokových poměrů pro Českou republiku (Smelík, L.) 7

Komplexní systém návrhů přírodě blízkých opatření na ochranu před dopady eroze a povodní z přívalových srážek (Uhrová, J., Štěpánková, P., Zárubová, K.) 13

Postup vyhodnocení odtokových poměrů a stanovení návrhových průtoků v projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice (Stehlík, M., Pavel, M., Burian, V.) 20

Prezentační portál Voda v krajině jako zdroj informací o přírodě blízkých protipovodňových opatřeních (Levitus, V.) 23

Rozhovor s ministrem zemědělství Ing. Marianem Jurečkou (redakce) 28

Kvalita a hodnocení povrchových vod — představení projektu (Baudišová, D., Mičaník, T.) 31

Povodně a sucho v zatopených obcích jižní Moravy, jak je zachytily dobové kroniky, fotografie a vyprávění (Dzuráková, M., Smelík, L., Mlejnková, H.) 32

Kvalita pitné vody v ČR je jedna z nejvyšších v Evropě (Barák, F.) 36

ČR čekají nemalé investice do obnovy páteřní vodohospodářské infrastruktury (Barák, F.) 37

Neformální setkání vodohospodářů (redakce) 38

Proběhl den otevřených dveří Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (Mlejnská, E.) 41

Odborný seminář „Nové právní předpisy v oblasti ochrany vod“ (Mičaník, T.) 42

Národní dialog o vodě 2016: 50 let vzniku státních podniků Povodí (Bouška, P., Kubát, J.) 43

Zápis z jednání valné hromady ČVTVHS, z. s. (Bečvář, V.) 44

Obsah časopisu VTEI — ročník 2015 46

5

4 Oddělení hydrologie VÚV TGM, v. v. i.
(Datel, J. V.)

6 Teplota vzduchu a srážky na meteorologické stanici Bučnice v povodí horní Metuje
(Treml, P.)

20 Změny hydrologické bilance způsobené vlivem klimatických změn na území Karlovarského kraje
(Beran, A., Hanel, M., Nesládková, M.)

26 Korekce chyb srážek a teploty z regionálních klimatických modelů — vliv na modelování odtoku
(Hanel, M., Kožín, R.)

34 Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství
(Hrabánková, A.)

42 Rozhovor s náměstkem pro hydrologii z ČHMÚ RNDr. Janem Daňhelkou, Ph.D.
(redakce)

44 Voda základ života
(Hauptmann, J.)

45 SOVAK ČR podporuje co nejrychlejší úplný zákaz používání glyfosátu
(Vlasák, O.)

46 Právní vztahy k vodám v období vlády dynastie Lucemburků
(Kult, A.)

Vliv polohy nádrže v povodí při adaptivním řízení zásobní funkce
(Menšík, P., Sobek, M.) 4

Věžové vodojemy — nové využití specifického industriálního dědictví
(Kořínek, R.) 10

Hydrologické modelování srážko-odtokového procesu v povodí Husího potoka
(Uhrová, J., Zárubová, K.) 19

Využití epidemiologie odpadních vod pro sledování spotřeby nelegálních drog a dalších látek v českém a mezinárodním kontextu (Očenášková, V.) 27

Charakteristiky určující stabilitu říčního dřeva na příkladu Moravy v Litovelském Pomoraví
(Kožený, P.) 31

Aplikace charakterizačního faktoru nedostatku vody ve studiích LCA v podmínkách ČR (Ansorge, L.) 41

Využití geomorfologických charakteristik pro odhad celkové retence povodí
(Máca, P., Bašta, P., Kožín, R., Hanel, M.) 54

Rozhovor s ředitelem SOVAK ČR Ing. Oldřichem Vlasákem
(redakce) 60

Odborný seminář Dopad hydrologického sucha 2015 na kvalitu povrchových vod
(Mičaník, T.) 63

Zbytečná hysterie kolem používání glyfosátu
(Hrdinka, T.) 64

6

VTEI/2017/5

Od roku 1959

VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION

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

Ročník 59

VTEI.cz

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

Redakční rada:
Mgr. Mark Rieder (šéfredaktor), RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D.,
RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriašteľ,
Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Josef Nistler,
Ing. Jana Poórová, Ph.D., RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma

Vědecká rada:
Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník,
Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Výkonný redaktor:
Lenka Jeřábková
T: +420 220 197 465
E: lenka.jerabkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:
E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:
Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:
ABALON s. r. o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

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

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365

RYBÁŘSKÝ AREÁL „DOBRÁ VODA“ U OBCE PEČIČKY

Horní a Dolní rybník soukromého rybářského revíru Dobrá voda. Oba rybníky slouží pro sezonní lov kapra a dravých ryb, pstruha, štiky a candáta. Jsou napájeny vodou Líšnického potoka, který se vléva do Vltavy v Solenicích, obci pod hrází Orlické přehrady.

Text a fotografii dodal Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T. G. MASARYKA
veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz