

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI/2018/1

60.
ročník

- 16/ Kategorizace povodí IV. řádu pro potřeby srážko-odtokového modelování
28/ Komunální odpadní voda jako diagnostické médium
40/ Rozhovor s Mgr. Lukášem Zárubou ředitelem odboru ochrany vod na MŽP

Pět let od úmrtí spoluautora a moderátora televizního seriálu „Vltava v obrazech“

Karel Čáslavský se narodil 28. ledna 1937 v Lipnici nad Sázavou a zemřel 2. ledna 2013 v Praze – byl nejen význačným českým filmovým archivářem, historikem, publicistou a moderátorem, ale i odborně specializovaným pracovníkem Národního filmového archivu, který se převážně věnoval problematice zpravodajského filmu do roku 1945. Čtenář VTEI se samozřejmě zeptá, proč je této význačné české osobnosti věnována pozornost právě v tomto ryze odborném recenzovaném časopise, ve kterém jsou publikovány výhradně příspěvky z oblasti hydrauliky, hydrologie, hydrogeologie, hydrochemie, radioekologie, mikrobiologie, informatiky a kartografie ve

vodním hospodářství, technologie vody, vodárenství, čistírenství a odpadového hospodářství? Je tomu díky jeho vynikajícímu televiznímu seriálu „Vltava v obrazech“, který představil běžnému divákovi České televize jak poutavě dostupným, tak i odborně fundovaným způsobem nejznámější i nejdelší českou řeku – Vltavu. Podrobnější informace k tomuto dokumentárnímu cyklu jsme si dovolili též zařadit do tohoto únorového čísla VTEI – a to až na jeho závěr.

Ing. Arnošt Kult

Česká televize, © 2001–2005



Obsah



3 Úvod

4 Variabilita odezvy vybraných hydrologických modelů na typické průběhy krátkodobých srážek

Luděk Strouhal, Petr Kavka, Lenka Weyskrabová

16 Kategorizace povodí IV. řádu pro potřeby srážko-odtokového modelování

Petr Kavka, Luděk Strouhal, Petr Kožant, Lenka Weyskrabová



22 Webové služby pro poskytování návrhových srážek

Martin Landa, Petr Kavka, Luděk Strouhal, Jiří Cajthaml

28 Komunální odpadní voda jako diagnostické médium

Věra Očenášková

32 Vývoj podzemního odtoku z části Českomoravské vrchoviny

Radek Chmelař



39 Autoři

40 Rozhovor s Mgr. Lukášem Zárubou ředitelem odboru ochrany vod na Ministerstvu životního prostředí

Libor Ansorge

44 Vícedílný a divácky úspěšný seriál České televize „Vltava v obrazech“

Arnošt Kult



52 ČVTVHS, z. s., v roce 2018

Václav Bečvář



Vážení čtenáři,

dovolte, abych vás přivítala v roce 2018 a popřála vám mnoho úspěchů a splněných cílů. Tento rok je pro nás další výzvou. Již v tuto chvíli máme téměř naplněný ediční plán a věřím, že vás témata zaujmou. Chystáme opět monotematické číslo a nebudou chybět ani zajímavé rozhovory. Rok 2018 je pro nás i něčím výjimečný, jedná se totiž již o 60. ročník časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace.

Od svého vzniku prošel mnoha změnami. První ročník, který vyšel v roce 1959, měl podobu formátu A5. Šlo o malý nenápadný sešit, který ale obsahoval cenné poznatky z aktuálního dění vodního hospodářství. V průběhu let se pak formoval až do podoby, jakou znáte nyní. Věřím, že se časopis bude i nadále vyvíjet a zlepšovat, jelikož vždy je co zdokonalovat.

Tedy ať je rok 2018 pro vás úspěšný a časopis čím dál více čtivější. Přeji hezké čtení.

Lenka Jeřábková
šéfredaktorka

Variabilita odezvy vybraných hydrologických modelů na typické průběhy krátkodobých srážek

LUDEK STROUHAL, PETR KAVKA, LENKA WEYSKRABOVÁ

Klíčová slova: průběhy subdenních srážek — návrhové srážky — hydrologické modelování — citlivostní analýza

SOUHRN

Příspěvek prezentuje část výstupů tříletého projektu Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině. Jeho cílem bylo odvodit a poskytnout uživatelům moderní formou dosud chybějící průběhy subdenních návrhových srážek a analyzovat vliv jejich variability na hydrologické modelování a navrhování staveb v krajině. Tento příspěvek je zaměřen na prezentaci výsledků z hodnocení dopadů variability srážek prostřednictvím hydrologického modelování.

Do citlivostní analýzy byly zahrnuty modely HMS, SMODERP a MikeSHE pro podchycení variability způsobené výběrem modelového prostředku. Průměrné odhady odtokové výšky z modelu HMS se pohybovaly mezi výstupy ze zbylých dvou fyzikálních modelů, ale jeho použití je omezené kvůli metodě SCS-CN, která nezohledňuje tvar zátěžové srážky. Jinak velmi podobné modely SMODERP a MikeSHE v některých scénářích poskytly až o 100 % odlišné výsledky čistě vlivem použití jiné metody výpočtu infiltrace. Odlišnosti se vytrácejí při více nasycených počátečních podmínkách nebo u podprůměrně vodivých půd. Pro rozptyl modelovaných hodnot zde byly odlišnosti modelu podstatnější než variabilita srážek. Nakonec byla provedena detailní citlivostní analýza v modelu MikeSHE. Ta ukázala závislost rozptylu modelovaných odtokových výšek a kulminací na průměrné úrovni vodivosti půd, a to v různé míře podle posuzované charakteristiky. U podprůměrně vodivých půd nehrál časový průběh srážky téměř žádnou roli pro odtokové výšky, zato klíčovou roli pro kulminací průtoky. U průměrně vodivých půd byl průběh srážky shledán jako důležitý faktor pro obě odtokové charakteristiky.

ÚVOD

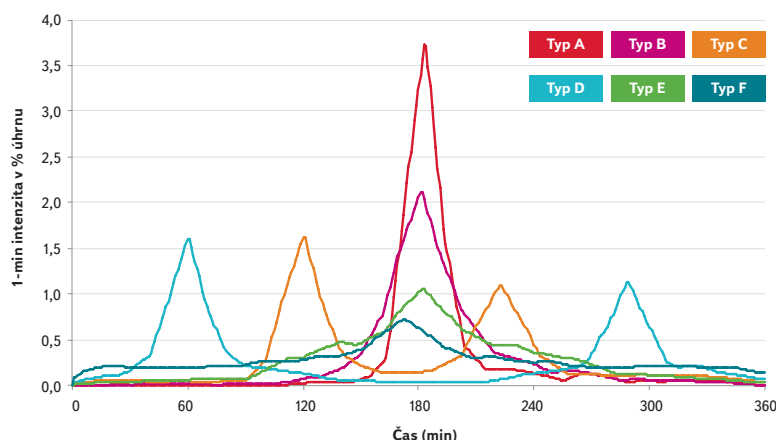
Podrobné časové rozložení intenzit vydatných krátkodobých srážek je jeden z významných faktorů ovlivňujících hydrologickou reakci malých povodí. Průběhy srážek však byly donedávna na území ČR jen málo prozkoumány. Na jedné straně časového měřítka měla odborná veřejnost k dispozici katalogy syntetických velmi krátkých dešťů (v řádu desítek minut) používaných v městském odvodnění [1] a na druhé straně hodinové hyetogramy zpravidla denních úhrnů srážek [2] využitelné pro hydrologické analýzy větších povodí. V letech 2015 až 2017 byl řešen projekt Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině, jehož jedním cílem bylo popsanou mezeru překlenout a poskytnout odborné i vědecké veřejnosti a státní správě jak příslušná subdenní srážková data, tak metodiku pro jejich zpracování.

Dalším důležitým úkolem zmíněného projektu bylo identifikovat dopady variability časových průběhů odvozených krátkodobých srážek na navrhování drobných vodohospodářských staveb a opatření v krajině. Tyto dopady byly hodnoceny prostřednictvím hydrologického modelování a citlivostních analýz prováděných z důvodu porovnání variability vnesené proměnlivostí vstupních srážek s dalšími zdroji nejistot. Těmi jsou např. nejistoty ve stanovení hydrologických charakteristik půd, neznámé počáteční podmínky nasycenosti povodí v okamžiku příchodu příčinné srážky, parametrizace vlastností povrchu ovlivňujících povrchový odtok nebo samotná volba hydrologického modelu.

Tento příspěvek prezentuje část výsledků zmíněného projektu se zaměřením na jeho druhý jmenovaný cíl – analýzu variability výstupů hydrologického modelování krátkodobých extrémních srážkových událostí na malých povodích. Hlavním cílem příspěvku je identifikace klíčových nejistot s akcentem na význam variability krátkodobých srážek.

NÁSTROJE A METODY

Pro hodnocení nejistot v hydrologickém modelování jsou v současnosti používány stochastické modely nejistot, jako např. metoda GLUE [3] nebo DREAM [3]. Další možností, která byla využita v této studii, je statistické zpracování výsledků velkého množství simulací hydrologického modelu, pokrývajících vymezený parametrický prostor vstupních veličin. Sestaveno bylo více než 16 000 scénářů zohledňujících variabilitu klíčových modelových vstupů. Analýza výstupů byla zaměřena zejména na identifikaci významu variability srážkových vstupů pro odezvu hydrologických modelů malých povodí. Do ní byla zahrnuta kromě variability průběhů intenzit (ve formě šesti nově odvozených zobecněných návrhových hyetogramů popsaných dále v textu) také variabilita srážkových úhrnů (v podobě úhrnů s několika úrovněmi doby opakování), nejistoty stanovení řady charakteristik povodí (zejména infiltračních vlastností půd a počátečního stavu jejich nasycení) a nejistota vnesená volbou konkrétního hydrologického modelu. Uvažovány byly tři modely s odlišnou strukturou a přístupem k určení odtokové odezvy. Aplikovány byly na pět charakteristických povodích vybraných v rámci klasifikace cca 7 700 povodí IV. řádu podrobně popsané v následujícím článku *Kategorizace povodí IV. řádu z pohledu hydrologického modelování*. Pro každou kombinaci hydrologického modelu a charakteristického povodí bylo namodelováno 30 skupin srážkových scénářů (6 hyetogramů × 5 dob opakování) a v rámci každé skupiny byly použity další dílčí scénáře zachycující variabilitu klíčových modelových parametrů. Analýza souboru výsledků v závěru identifikovala klíčové faktory a hlavní zdroje nejistot pro dvě posuzovaná modelová kritéria – objem odtoku a velikost kulminace.



Obr. 1. Návrhové hyetogramy šestihodinových srážek; hodnoty na ose y představují minutové úhrny vztažené k celkovému úhrnu srážky

Fig. 1. Design hyetographs of 6-hour rainfalls; values on the y-axis present the 1-minute rainfall depths related to the overall rainfall total

Variabilita průběhů krátkodobých srážek

V rámci výše zmíněného projektu byla provedena detailní analýza průběhů krátkodobých srážek na území ČR. Podkladem vyhodnocení byla desetiletá řada podrobných radarových měření adjustovaných pomocí pozemních staničních měření denních srážkových úhrnů na území celé ČR. Jako časová základna návrhových hyetogramů byl určen interval dlouhý 6 hodin. Ten je vhodným kompromisem mezi jedním dnem, který je z hlediska doby koncentrace v malém povodí příliš dlouhým časovým úsekem, a hodinou, která zpravidla nezahrnuje celou příčinnou srážku a ani nezohledňuje dostatečně vnitřní tvarovou variabilitu např. v podobě násobných vrcholů a poklesů intenzit v rámci déle trvajících událostí. Analýzou vnitřního rozdělení úhrnů srážky co do koncentrace

maximálních úhrnů během 3, 2, 1 a 0,5 hodiny a polohy těchto maxim bylo odvozeno šest zobecněných hyetogramů A–F zobrazených na obr. 1. Více podrobností o metodách odvození lze nalézt v [4]. Tyto návrhové hyetogramy byly použity pro zohlednění variability a průběhu srážek a analýzu jejího významu na výsledky hydrologického modelování prezentované v tomto příspěvku.

Zobecněné hyetogramy byly dále v uvedeném projektu analyzovány z hlediska pravděpodobnosti jejich výskytu na území ČR v závislosti na době opakování srážkového úhrnu a příslušné lokalitě. Spolu s přibližnými odhady N-letých šestihodinových úhrnů (na základě 10 let měření) jsou všechna tato data zpřístupněna veřejnosti prostřednictvím webových služeb prezentovaných v článku *Webové služby pro poskytování návrhových srážek* publikovaném v tomto časopise. Prostorové rozložení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých návrhových hyetogramů nebylo v předkládané modelové studii nijak zohledněno, uvažovány byly vždy všechny typy průběhů srážek pro doby opakování 2, 5, 20, 50 a 100 let, územně platné pro pět reprezentativních povodí.

Výběr modelových nástrojů

Hydrologické výpočty představují v současnosti asi nepoužívanější způsob hodnocení potenciálních srážko-odtokových událostí. Jejich průběh je ovlivněn velkým množstvím faktorů, z nichž mnohé jsme dnes schopni popsat velmi přesně, jiné zjednodušeně několika parametry a některé nedovedeme předvídat vůbec. Právě neznalost přesného stavu a všech procesů v hodnoceném systému vyžaduje zavedení zjednodušení do výpočtů – použití určitého modelu.

Hydrologických modelů existuje nespočet a klasifikovány jsou podle řady hledisek [5], např. podle časového měřítka, velikosti a prostorového členění modelované domény nebo složitosti popisu a počtu procesů zohledněných v modelovaném systému. Při posuzování citlivosti odtokové odezvy na průběh příčinné srážky prostřednictvím hydrologického modelování jsou nutně výstupy systematicky ovlivněny již samotnou volbou modelu. Za účelem identifikace, případně kvantifikace nejistot způsobených volbou modelu bylo do

Tabulka 1. Metody výpočtu a zohledněné procesy vybraných modelů

Table 1. Computational methods and processes considered in selected models

Hydrologický proces	Metody výpočtu podle vybraného modelu		
	HMS	SMODERP	MikeSHE
Intercepce	Počáteční ztráta I_a jako konstantní podíl maximální potenciální retence podle SCS-CN	Srážková ztráta v mm podle půdního pokryvu	Srážková ztráta v mm podle půdního pokryvu
Povrchová retence		Zásobní kapacita v mm podle půdního pokryvu, voda dostupná pro infiltraci	Zásobní kapacita v mm podle půdního pokryvu, voda dostupná pro infiltraci
Infiltrace	Konceptuálně, přímý odtok v metodě SCS-CN	Philipova rovnice	Green&Ampt s redistribucí
Mělký podpovrchový odtok		Neřešeno	Neřešeno
Základní odtok	Neřešeno	Neřešeno	Neřešeno
Počáteční podmínky	Kategorie CN podle IPS 1-3	Různé hodnoty sorptivity ve Philipově rovnici	Explicitně počáteční vlhkost a sací tlak
Transformace povrchového odtoku	Jednotkový hydrogram podle SCS	Difuzní vlna	Difuzní vlna
Korytový odtok	Hydrologický routing (Muskingum-Cunge)	Kinematická vlna	Dynamická vlna

řešení zapojeno více modelů, které se významně liší svým přístupem k modelované hydrologické odezvě povodí a které jsou známé nebo používány v českém prostředí. Podrobněji jsou klasifikace a výběr těchto reprezentativních modelů popsány v článku viz [6].

Tento příspěvek prezentuje výstupy modelování ve třech z vybraných modelů: HMS jako v praxi nejužívanější konceptuální model, SMODERP jako autorský výzkumný open source výpočetní nástroj a MikeSHE jako referenční model s velmi vysokou úrovní komplexnosti. Přehled zohledněných hydrologických procesů a metody jejich výpočtu v těchto vybraných modelech shrnuje *tabulka 1*. Podrobnější popis modelů jde nad rámec tohoto příspěvku, dále budou pouze stručně představeny jejich hlavní charakteristiky kvůli návaznosti na prezentované výsledky.

HEC-HMS (SCS-CN)

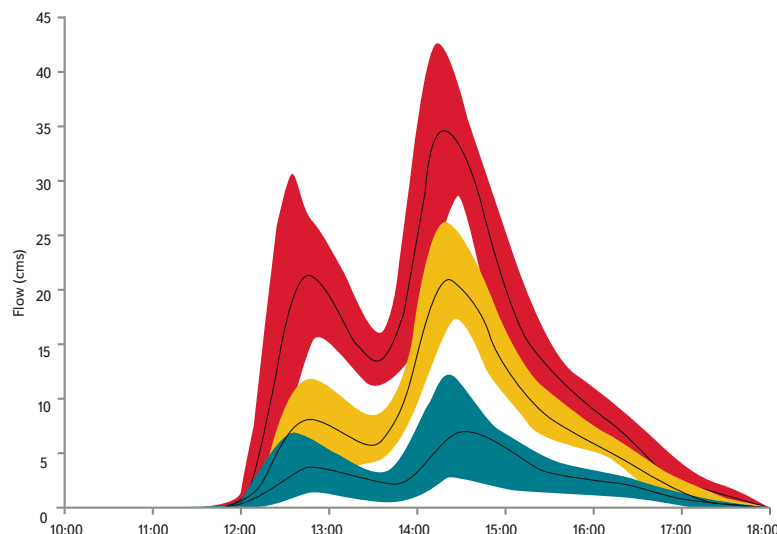
Pro hydrologickou praxi velmi dobře známý HEC-HMS [8] je veřejně dostupný a bezplatně poskytovaný nástroj vyvíjený v americkém Hydrologic Engineering Center. Jedná se o softwarové prostředí umožňující využití řady výpočetních modelů a metod, z nichž asi nejrozšířenější je metoda odtokových křivek SCS-CN [8]. Tato konceptuální metoda je s úspěchem využívána desítky let i v českém prostředí díky své jednoduchosti a snadné aplikovatelnosti. Klíčovým vstupem je číslo odtokové křivky závislé na hydrologické skupině půd a půdním pokryvu. Tabeľovaná hodnota platí pro průměrné nasycení povodí (podle indexu předchozí srážky, IPS 2), v literatuře jsou pak publikovány vztahy pro přepočítání na dva extrémní stavy – suchý (IPS 1) a vlhký (IPS 3). Výstupem metody je odtoková výška nebo také úhrn efektivní srážky. S využitím vstupního hyetogramu lze s touto metodou odvodit i hyetogram efektivní srážky. Velkou výhodou této metody je, že hodnota výsledné odtokové výšky není závislá na časovém rozložení příčinné srážky. Odtoková výška ze dvou srážek s totožným úhrnem ale s průběhy např. v podobě rovnoměrného deště nízké intenzity a přívalovou srážkou je rovněž totožná, což neodpovídá fyzikálním principům tvorby přímého odtoku.

Pro určení výsledného odtoku z příčinné srážky je nutné hyetogram efektivní srážky získaný metodou SCS-CN transformovat do odtokové odezvy. HMS k tomuto využívá nejčastěji metodu jednotkového hydrogramu. Jedná se o jedno- či víceparametrickou matematickou funkci rozkládající jednorázový srážkový impuls do odtokové vlny. Parametry určující tvar hydrogramu lze odvodit často z hydromorfologických charakteristik povodí, například maximální délky odtokové dráhy a průměrného sklonu povodí.

Velkou výhodou metody SCS-CN je její výpočetní jednoduchost umožňující automatizaci a rychlý výpočet. Samotné prostředí HMS obsahuje modul pro citlivostní analýzy, v němž si uživatel může snadno definovat rozsah a statistické rozdělení hodnot vybraného parametru a řádově během minut vyčíslit stovky realizací. Výsledkem je pak jednoduché statistické zobrazení rozptylu a charakteristik modelovaných hydrogramů, případně je možné celý soubor realizací exportovat a zpracovat v integrované prohlížečce DSS Vue (viz *obr. 2*) nebo externím softwaru.

SMODERP

Tento fyzikálně založený srážko-odtokový model je přímo zacílen na navrhování drobných staveb v krajině. Jedná se o epizodní model, jehož výsledky lze využít k získání návrhových hydrologických parametrů. V modelu jsou zahrnuty procesy infiltrace (Philipova rovnice) i povrchové retence. Tento model se v podobě profilové verze (1D) objevuje v předcházejících metodikách, např. [9, 10]. Model v profilové verzi je dostupný na stránkách Katedry hydromelioreací a krajinného inženýrství, Fakulty stavební, ČVUT v Praze (storm.fsv.cvut.cz). Vývoj



Obr. 2. V prostředí softwaru DSS Vue uživatelsky upravená vizualizace mediánů a extrémních obalových křivek odtokových hydrogramů pro sady simulací z HMS, barevně odlišeny scénáře pro CN1 (modrá), CN2 (žlutá) a CN3 (červená)

Fig. 2. In DSS Vue environment adjusted visualization of medians and extreme envelope curves of hydrographs for three sets of simulations in HMS; particular sets of scenarios with CN values for API from 1 to 3 filled with blue, yellow and red, respectively

profilové verze modelu byl již ukončen a byl nahrazen prostorovým řešením (2D), v němž jsou kromě plošného odtoku zahrnuty procesy soustředěného odtoku v rýhách a odtok ve vodních tocích.

Nově vyvíjená verze modelu SMODERP 2D je koncipována tak, aby bylo možné využít běžně dostupná data o půdě, vegetaci a morfologii. Doporučené střední hodnoty jsou součástí manuálu k modelu. Současná verze využívá prostředí ArcGIS, do budoucna je plánováno poskytnutí verze modelu pro volně dostupné GIS prostředí (QGIS, GRASS).

Výhodou modelu je plně distribuovaný přístup a fyzikální přístup umožňující detailnější analýzu modelovaného území, jehož heterogenitu nejsou celistvé modely schopné zohlednit. V neposlední řadě je to pak otevřenost kódu a do budoucna i nezávislost na komerčních platformách. V současné verzi je prozatím velkou nevýhodou značná časová náročnost výpočtu (řádově hodiny pro malé povodí). S tím je spojena i náročnost případné citlivostní analýzy, čas nutný k jejímu provedení geometricky narůstá s počtem volných parametrů a počtem realizací.

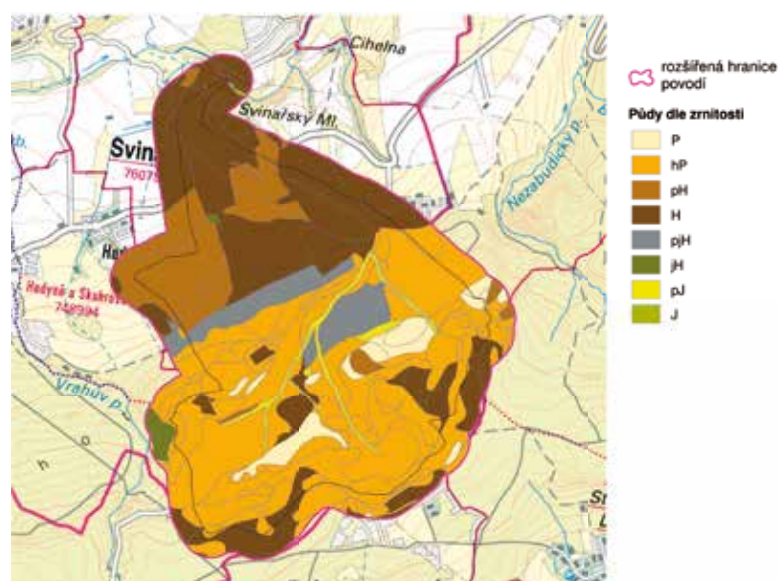
MikeSHE

Jedná se o jeden z modulů rodiny MIKE od dánského giganta DHI s celosvětovou působností v oblasti vodního hospodaření a plánování. Zaměřený je na modelování procesů v povodí pomocí prostorově distribuovaného fyzikálního přístupu. V závislosti na zakoupené licenci si může uživatel vybrat z celé palety výpočetních metod, například v oblasti infiltrace od jednoduchých konceptů přes metodu Green&Ampt až po Richardsovu rovnici včetně preferenčního proudění v makropórech. Nesaturovaná zóna je jako v naprosté většině modelů zaměřených na hydrologii povodí řešena pouze v 1D, ani MikeSHE tedy není schopen modelovat laterální složky podpovrchového odtoku. Hlavní devizou tohoto modelu je právě zmíněná komplexnost řešení, která je však vykoupena nároky na vstupní data. Za hlavní nevýhodu lze považovat pořizovací cenu, která prakticky znemožňuje použití v běžných podmínkách české projekce a plánování. Z hlediska výpočetního výkonu je na tom MikeSHE díky svému dlouhému a podporovanému vývoji o poznání lépe než autorský výzkumný SMODERP, výpočet průměrné srážko-odtokové události na středně komplikovaném modelu malého

povodí je otázkou desítky minut. Díky tomu je realizace citlivostní analýzy na rozsáhlejší setu vstupních scénářů lépe proveditelná, ale jako každý fyzikální model i MikeSHE má své limity z hlediska geometrického nárůstu výpočetní doby s počtem scénářů.

Zdrojová data a tvorba výpočetních scénářů

Ve všech vybraných nástrojích (HMS, MikeSHE, SMODERP) byly sestaveny modely pěti charakteristických povodí: Býkovického potoka (1), Struhařovského potoka (2), Chouzavé (3), Škvoreckého (4) a Halounského potoka (5). Tato povodí byla vybrána jako charakterističtí zástupci tříd povodí vzešlých z klasifikace, která je popsána v následujícím článku, tamtéž je znázorněna poloha povodí v rámci ČR. Základní charakteristiky reprezentativních povodí uvádí *tabulka 2*. Modely těchto povodí byly zatíženy 30 variantami srážkových hyetogramů, jednotlivé varianty sestávaly z kombinací 6 bezrozměrných návrhových hyetogramů aplikovaných na 5 celkových úhrnů s dobami opakování 2, 5, 20, 50 a 100 let. Návrhové úhrny srážek za 6 hodin byly získány metodou redukce [11] denních úhrnů [12]



Obr. 3. Nekonzistentní vstupní vrstva zrnitosti půdy pro model povodí Halounského potoka ilustrující problematické propojení prostorových databází pro lesní a zemědělské půdy

Fig. 3. Inconsistent soil texture dataset as the input for the model of Halounsky stream catchment illustrates the intricate linking of two available source datasets – one for the agricultural land, other for forests

Tabulka 2. Reprezentativní povodí a jejich základní charakteristiky

Table 2. Representative catchments and their main characteristics

Název toku	Plocha (km ²)	Nadm. výška (m n. m.)	Sklon (%)	CN II	Lesnatost	Tvar	Hustota říční sítě	Převažující zrnitost půd
Býkovický p.	7,75	344–515	10,6	76,4	20 %	vějířovité	střední	pH, hP
Struhařovský p.	5,79	347–515	11,0	72,7	30 %	protáhlé	vyšoká	H, pH, hP
Chouzavá	4,86	360–504	8,6	55,8	80 %	přechodný	střední	H
Škvorecký p.	9,36	249–420	5,7	77,4	30 %	protáhlé	nížká	hP, pH
Halounský p.	6,09	245–578	12,8	58,5	70 %	přechodný	nížká	hP, pH

a pohybovaly se v rozmezí od 29 do 88 mm. Morfologické charakteristiky byly odvozovány pomocí DMR 4G, polohopisné údaje ze ZABAGED. Detailní charakteristiky a jejich hodnoty byly zvoleny odlišně pro jednotlivé modely. Vzhledem k podobným principům modelů MikeSHE a SMODERP byly pro tyto modely scénáře vytvářeny téměř identicky až na drobné rozdíly v infiltrační rutině a rutině pro výpočet korytového odtoku. Kvůli značně delší výpočetní době ve SMODERP byl pro tento model vybrán jen kontrolní vzorek scénářů sestavených pro MikeSHE.

Pro modelování infiltrace ve fyzikálních modelech jsou klíčovým vstupem hydraulické charakteristiky půd, zejména (a často pouze ona) nasycená hydraulická vodivost. Tato veličina je závislá na řadě půdních charakteristik, nejčastěji je vztahována k jejímu zrnitostnímu složení. Regionalizované informace o zrnitosti půd lze v ČR sice získat pouze syntézou z více datových zdrojů, zejména kvůli rozdělení půdního fondu na lesní a zemědělskou půdu. Pro modelování zde byla propojena data o zrnitosti ornice z komplexního průzkumu půd podle VÚMOP [13] a zrnitosti lesních půd vztažené k lesním typům získané od ÚHUL [14]. Propojení všech těchto podkladů není triviální úlohou a zanáší do modelování řadu nepřesností a nejistot (viz obr. 3), např. kvůli nesouladu v klasifikaci půd na lesní (USDA) a zemědělské půdě (Novákova klasifikace). Podrobný popis řešení použitého ve zmíněném projektu však jde za rámec tohoto příspěvku.

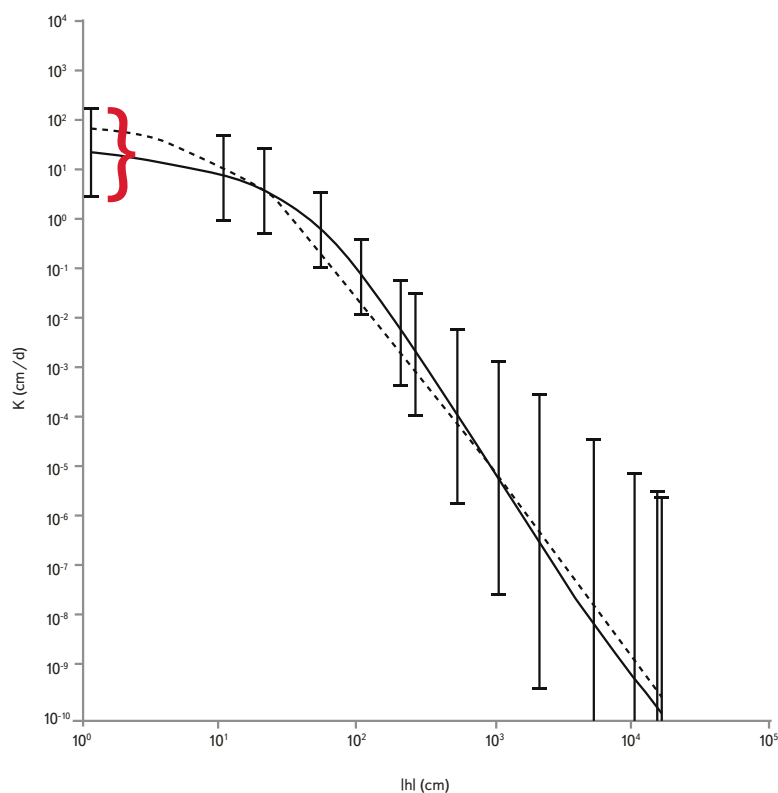
SCÉNÁŘE PRO MIKESHE A SMODERP

Vedle parametrů zátěžové srážky byly při tvorbě scénářů pro citlivostní analýzu v MikeSHE a SMODERP vybrány následující parametry:

- nasycená hydraulická vodivost půd,
- počáteční nasycení půdy,
- drsnost povrchu pro transformaci povrchového odtoku,
- povrchová retence,
- intercepce,
- základní parametry pro transformaci v korytech.

Vstupy pro scénáře fyzikálních modelů nemohly být stanoveny na základě rozdělení skutečných hodnot v rámci ČR. Prvním důvodem je výpočetní doba vybraných fyzikálních modelů, která neumožňuje v rozumném čase výpočet řádově stovek tisíců scénářů, jako bylo později realizováno v případě HMS. Druhým a zásadnějším omezením je velmi limitovaná dostupnost vstupních dat. Například plošná data o hodnotách hydraulické vodivosti půd v ČR neexistují a plošně konzistentní databáze zrnitostního složení – její nejčastější zástupné veličiny – také ne. Proto byla citlivostní analýza pojata jako analýza kombinací několika kategoričtích stavů na konkrétních, již zmíněných pěti charakteristických povodích, pro něž bylo reálné v rámci projektu podkladová data shromáždit.

V rámci řešeného projektu byly na základě nejnovějších evropských půdních databází a publikovaných pedotransferových funkcí [15, 16] převzaty průměrné hodnoty nasycené hydraulické vodivosti (K_s) včetně odhadu rozptylu pro hlavní půdní druhy, které ilustruje obr. 4. Na každém z charakteristických povodí byly uvažovány tři skupiny scénářů: s průměrnou hodnotou K_s (mean0) a s dvěma krajními hodnotami danými směrodatnou odchylkou ($m\text{-STD}$, $m\text{+STD}$) pro každý půdní druh v povodí se reálně vyskytující.



Obr. 4. Střední hodnoty a směrodatné odchylky křivky hydraulické vodivosti hrubozrné půdy v závislosti na sacím tlaku podle Wösten [16]; pro hodnotu $h = 0$ odpovídá nasycené hydraulické vodivosti, patrný je rozptyl v rozsahu stovek cm/d

Fig. 4. Means and standard deviations of the $K(h)$ curve for coarse textured soils according to Wösten [16]; for the soil suction head $h = 0$ the values correspond to the saturated hydraulic conductivity; there is an obvious variance in the range of hundred cm/day

POČÁTEČNÍ NASYČENOST PŮDY

Obdobně jako v případě hydraulických vodivostí byly určeny tři varianty počátečních podmínek od nejméně po nejvíce „nasycený“ scénář IC1–3. Způsob implementace ve fyzikálních modelech byl kvůli odlišné infiltrační rutině rozdílný. V případě MikeSHE a jím použité infiltrační metody Green&Ampt byly definovány tři hodnoty počáteční vlhkosti při 10, 50 a 90 % saturace efektivního pórového prostoru a jím odpovídající hodnoty sacího tlaku na čele zvlhčení. V modelu SMODERP použitá Philipova rovnice pak počáteční nasycenost zohledňuje pomocí hodnoty sorptivity. Její hodnoty byly zvoleny tak, aby modelovaný průběh infiltrace odpovídal suchému, středně a vysoce nasycenému stavu půdy.

DRSNOST POVRCHU A INTERCEPCE

Podkladem pro prostorové rozložení drsností půdního povrchu a intercepce bylo devět kategorií půdního pokryvu odvozených ze ZABAGED: orná půda, travní porosty, ostatní zeleň, vodní plochy, sady, křovinaté porosty, lesní porosty, antropogenní a zpevněné plochy, zahrady. Prostorové rozložení obou veličin bylo uvažováno neměnné, hodnoty zprůměrovány z několika zdrojů [17–19].

V případě drsnosti povrchu byly použity tři scénáře: nízká (nL), průměrná (n0) a vysoká drsnost (nH). Intercepce byla uvažována pouze ve dvou variantách: základní či vysoká (IH) a nízká, resp. nulová (IL).

PARAMETRY TRANSFORMACE V KORYTECH

Pro výpočet korytového průtoku je model MikeSHE provázán s hydraulickým modelem MikeHydro (dříve Mike11), který řeší 1D proudění na základě podrobného podélného profilu nivelety dna a příčných profilů. Podélný profil byl ve všech charakteristických povodích odvozen na základě vyhlazeného DMR4G [20] agregovaného z rozlišení 5 na 10 m. Příčné profily byly použity syntetické, v podobě složených lichoběžníkových profilů s odstupňovanými šířkami a hloubkami. Drsnost koryta byla uvažována ve dvou variantách: scénáře „FAST“ reprezentují spíše hydraulicky hladší, udržované koryto s Manningovou drsností kynety a berem $n = 0,02$, resp. $0,025$, které vodu z povodí odvádí rychleji a méně odtok transformují. Scénáře „SLOW“ oproti tomu představují přírodě bližší, méně udržované koryto s drsnostmi kynety a berem $n = 0,03$, resp. $0,035$.

V modelu SMODERP byl podélný profil vodních toků odvozen obdobně jako u modelu MikeSHE. Koryto však bylo zjednodušeno na jednoduchou obdélníkovou kynetu, jejíž Manningova drsnost byla volena rovněž ve dvou variantách a shodně s modelem MikeSHE, tedy $n = 0,02$ pro variantu „FAST“ a $0,03$ pro variantu „SLOW“.

VÝSLEDNÉ SCÉNÁŘE PRO FYZIKÁLNÍ MODEL

Při uvážení pěti charakteristických povodí, 30 srážkových scénářů, po třech variantách propustnosti půd, počátečních nasyceností půdy a povrchových drsností a při dvou variantách povrchové retence, intercepce a drsností pro odtok v korytech je možné sestavit celkem 32 400 scénářů. Po výpočtu reprezentativního vzorku 1 080 scénářů (všechny scénáře pro jedno povodí, jednu variantu drsností v ploše povodí a jednu variantu korytového odtoku) byla po předběžné analýze výsledků vyškrtnuta celá polovina zbylých scénářů s nulovou hodnotou intercepce, neboť tento parametr byl shledán jako prakticky nevýznamný. Výsledný počet scénářů po této redukci klesl na 16 740.

Scénáře pro HEC-HMS

Pro obsáhlost provedené citlivostní analýzy se tento příspěvek věnuje zejména výstupům z fyzikálních modelů. Proto zde pro úplnost bude uveden jen stručný popis tvorby scénářů pro HMS. Kromě parametrů zátěžové srážky byly v modelu HMS zohledněny následující parametry:

- hodnota CN,
- podíl nepropustných ploch v %,
- doba zpoždění,
- počáteční podmínky podle IPS,
- podíl počáteční ztráty vůči maximální pot. retenci λ .

V rámci každé třídy povodí podle provedené klasifikace byly určeny statistické parametry rozdělení hodnot CN, doby zpoždění a procenta nepropustných ploch. Tyto parametry byly použity pro náhodné generování scénářů v HMS. Počáteční podmínky byly zohledněny pomocí indexu předchozích srážek ve třech variantách IPS 1 až IPS 3. Počáteční ztráta λ je v metodě SCS-CN stanovena jako podíl maximální potenciální retence. Tento podíl byl uvažován ve třech variantách ve výši 10, 20 a 25 %. V celkovém úhrnu bylo sestaveno 45 sub-modelů povodí a v každém z nich vyčísleno 500 realizací. To při 30 variantách zátěžové srážky představuje 675 000 simulací.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výše popsané soubory scénářů daly vzniknout značně rozsáhlé sadě výstupů, jejichž plná analýza je mimo možnosti tohoto příspěvku. Zde budou proto uvedeny jen hlavní poznatky. Prezentovány jsou ve dvou podkapitolách. Nejprve je uvedeno srovnání třech použitých modelů s akcentem na identifikaci klíčových proměnných. Poté následuje podrobná citlivostní analýza výstupů z fyzikálního modelu MikeSHE se zaměřením na vliv časového průběhu srážek.

Srovnání modelů

Přímé srovnání všech tří použitých modelů je komplikované kvůli nejednoznačnému přiřazení odpovídajících scénářů mezi konceptuálním HMS a fyzikálními modely. Zátěžové stavy (parametry srážky) a charakteristická povodí byla sice použita identická, ale vztah mezi hydrologickými a dalšími parametry povodí u HMS (CN, Ia, IPS) a fyzikálních modelů (vodivosti půd, hodnoty retence a interceptce, počáteční podmínky) je možné určit pouze kvalitativně. Jako sobě odpovídající bylo vybráno 150 simulací (5 povodí × 5 dob opakování × 6 typů



Obr. 5. Odtokové výšky modelované v HMS (H), MikeSHE (M) a SMODERP (S) ve 150 základních srážko-odtokových scénářích (povodí 1 až 5, doby opakování N = 2 až 100 let, typy srážek A až F)
Fig. 5. Runoff depths modelled by HMS (H), MikeSHE (M) and SMODERP (S) in basic set of 150 scenarios (catchments 1–5, rainfall return periods N = 2–100 years and temporal patterns A–F)

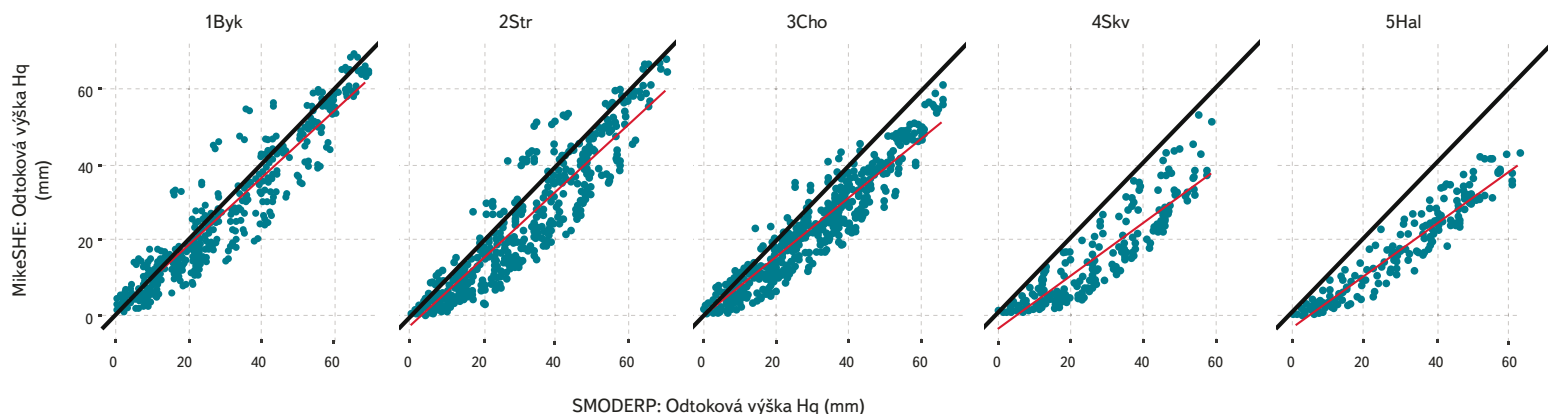
srážek), přičemž ve scénářích v HMS byl použit druhý, průměrný stav nasycení IPS2 pro odvození hodnot CN a nejčastěji používaný poměr λ pro stanovení počáteční ztráty ve výši 20 % maximální potenciální retence povodí (odvozené z CN podle platných vztahů). U fyzikálních modelů pak byl zvolen scénář s průměrnými hodnotami hydraulické vodivosti půd uváděnými v literatuře pro příslušné zrnitostní třídy, počátečními podmínkami IC2 odpovídajícími průměrnému nasycení půd, volným prostorem pro povrchovou retenci i intercepci a „rychlé“ variantě transformace korytového odtoku, která odpovídá zkapacitněným a udržovaným korytům.

Na grafech na obr. 5 jsou vyneseny odtokové výšky z referenčních scénářů na jednotlivých povodích v závislosti na době opakování a tvaru srážky. Na první pohled jsou patrné konstantní odtokové výšky z modelu HMS v rámci každé doby opakování. To potvrzuje známou skutečnost, že metoda SCS-CN není z hlediska objemu odtoku citlivá na průběh zátěžové srážky. Oproti tomu oba fyzikální modely vliv tvaru srážky zohledňují, na jednotlivé typy průběhů reagují různě. Nejvyšší odtoky generují dva nejkoncentrovanější typy A a B, nejnižší rovnoměrná srážka typu F. Typy C–E jsou relativně rovnocenné, poměrně překvapivě je ale z nich často ve vyvolaných odtokových výškách dominující typ E. Ten se z nich sice vyznačuje nejnižší maximální intenzitou, ale představuje zřejmě nepříznivou kombinaci vytrvalejší srážky s jedním intenzivnějším vrcholem.

Druhým zřetelným rysem na obr. 5 jsou konzistentně nižší odtoky v modelu HMS na převážně lesních povodích 3 a 5 oproti spíše zemědělským povodím 1, 2 a 4 (viz tabulka 2). Napříč všemi dobami opakování odtéká z povodí Chouzavé (č. 3) pětina až čtvrtina množství oproti Škvoreckému potoku (č. 4), v povodí Halounského potoka (č. 5) je to pak přibližně třetina. Oproti HMS jsou odtoky z lesnatých povodí Chouzavé a Halounského potoka v modelu MikeSHE jen o něco nižší než u prvních dvou povodí a srovnatelné se čtvrtým – ve všech třech případech jsou tedy spíše zemědělsky využívaná povodí s podílem lesních ploch do 30 %. V případě druhého fyzikálního modelu SMODERP jsou odtoky z lesních povodí znatelně nižší než u prvních dvou povodí, logicky však pouze u srážek s nižší dobou opakování a zejména u intenzivních srážek typu A a B. Méně koncentrované typy a vyšší N-letosti produkují odtokové výšky srovnatelné s ostatními povodími. Obecně nízká citlivost obou fyzikálních modelů vůči zalesněným povodím je vhodným podkladem pro podrobnější vyhodnocení, které jde nad rámec tohoto příspěvku, a jeho publikaci autoři připravují. Na tomto místě uvedme zkrácené vysvětlení, že klíčovou roli zde hraje metoda výpočtu infiltrace a její parametrizace ve fyzikálních modelech. Ta v případě konzistentního určení zrnitosti půdy na lesní a zemědělské půdě žádným dalším způsobem tyto dvě domény nerozlišuje. To je rozdíl od metody SCS-CN, která implicitně pro lesní porosty předpokládá nižší CN a tedy vyšší srážkové ztráty.

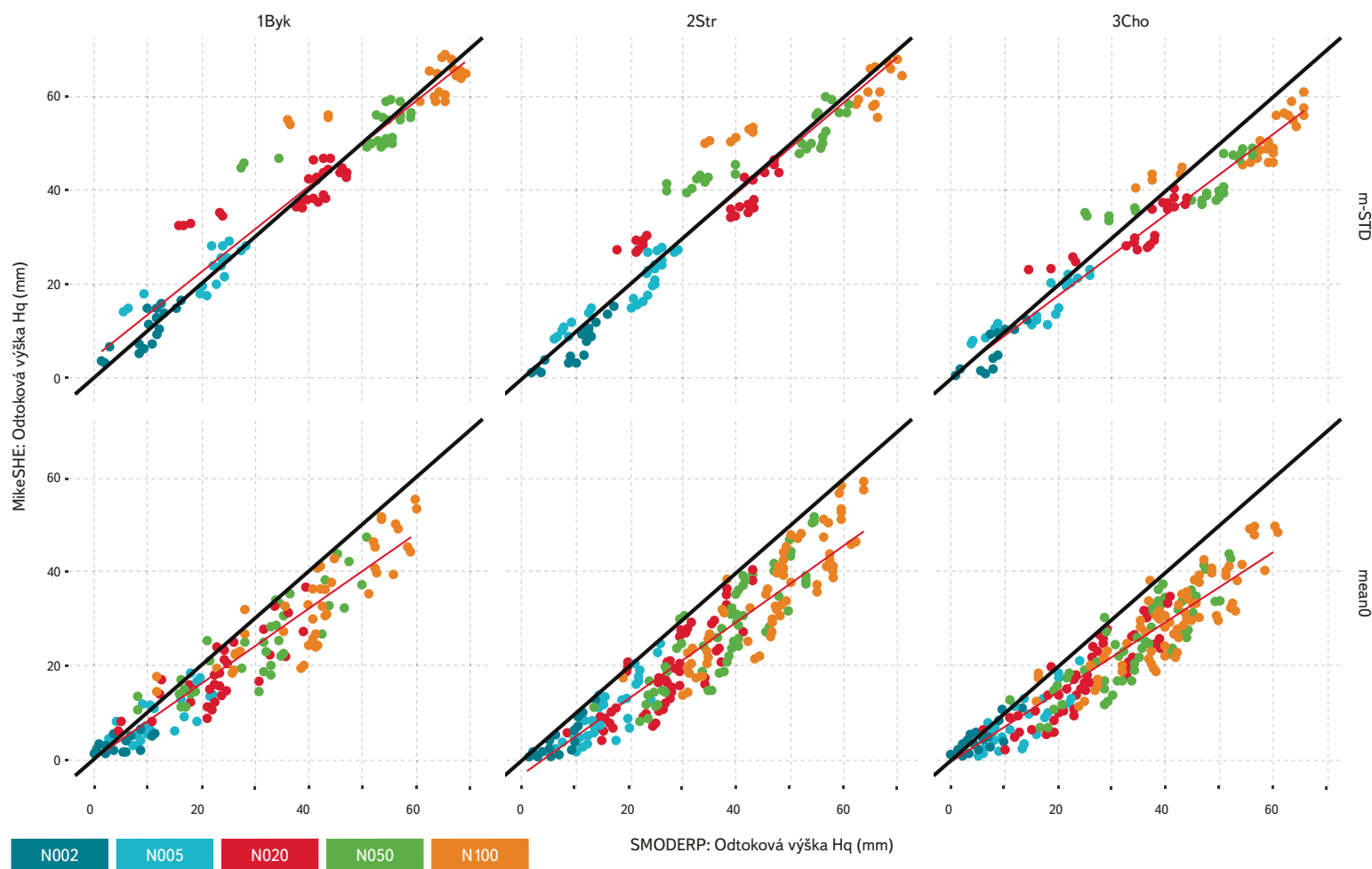
Posledním významným rysem na obr. 5 jsou disproporce mezi modely. Mimo lesní povodí dává HMS až na výjimky koncentrovaných srážek odtokové výšky vyšší než MikeSHE a relativně srovnatelné jako SMODERP. Ten oproti Mike produkuje až na naprosté výjimky vždy vyšší odtokové výšky, přestože u těchto dvou modelů je přiřazen scénářů jednoznačně a v parametrizaci se liší jen u několika málo veličin. Dvou i vícenásobně vyšší odtoky ze SMODERP jsou zřejmě zejména u koncentrovaných srážek A a B a při nízkých dobách opakování (úhrnech) srážky. Díky téměř identicky definovaným scénářům je možné analýzu rozdílů v těchto dvou modelech rozšířit, přestože v modelu SMODERP byla vypočtena jen přibližně čtvrtina scénářů oproti MikeSHE. Vzájemně vynesené odtokové výšky u srovnatelných scénářů na všech pěti povodích ukazuje graf na obr. 6. Z něj jsou patrné odlišné rozdíly mezi modely napříč povodími. Téměř vždy dává SMODERP vyšší odtokové výšky na povodí Halounského potoka (224 scénářů, $R^2 = 0,91$), shoda modelů reprezentovaná červenou regresní křivkou se pak blíží k ideální (černé diagonále) vlivem rozdílného počtu identických scénářů směrem doleva k povodí Býkovického potoka (1 157 scénářů, $R^2 = 0,92$).

Protože datové sady u jednotlivých povodí nejsou stejně početné, ani dílčí subdety podle dalších parametrů, byly výsledky zobrazeny podle variant propustnosti půd. Dvě ze tří variant uvádí obr. 7, poslední varianta s vysoce propustnými půdami (m+STD) byla pro značně omezenou datovou sadu vyřazena. Z grafů je patrné, že velmi dobrou shodu oba modely vykazují v případě scénářů s podprůměrnými propustnostmi půd. To lze vysvětlit upozaděním rozdílů způsobených odlišnou infiltrační rutinou (Philipova metoda u SMODERP vs. G&A s redistribucí u MikeSHE). Oproti tomu u scénářů s průměrnou vodivostí půd způsobují rozdíly v modelech až dvojnásobné odtokové výšky z modelu SMODERP tak, jak bylo patrné na prvním srovnání na obr. 5. Další analýzy rozdílů naznačily podstatnou úlohu definice počátečních podmínek. Zatímco pro nasycený stav (IC3) dávaly oba modely téměř shodné odtokové výšky ($R^2 = 0,97$), průměrný stav IC2 a suchý stav IC1 byly zdrojem hlavních rozdílů ($R^2 = 0,94$, resp. 0,89). Právě počáteční podmínky je obtížné definovat v obou modelech stejně, protože i při stejných hodnotách K_s se jejich infiltrační rutiny liší dalšími parametry, mezi nimiž nelze definovat přímý vztah (sorptivita u Philipovy rovnice, sací tlak a počáteční vlhkost u G&A). Tyto rozdíly se ukazují jako dominantní například oproti časovému průběhu srážek, na něž oba modely reagují podobně, resp. jimi dané rozdíly jsou méně patrné než rozdíly způsobené odlišnostmi v metodě a parametrizaci výpočtu infiltrace.



Obr. 6. Odtokové výšky Hq z modelu MikeSHE oproti modelu SMODERP z reprezentativních povodí pro všechny N-letosti a typy srážek; černě vynesena diagonála, červeně regresní přímka

Fig. 6. Runoff depths Hq from the model MikeSHE against SMODERP from representative catchments, all rainfall return periods and temporal patterns; in black is the diagonal line (1 : 1), in red a regression line



Obr. 7. Odtokové výšky Hq z modelu MikeSHE oproti modelu SMODERP ze tří reprezentativních povodí pro všechny N-letosti a typy srážek a dvě úrovně propustnosti půd: průměrné (mean0) a snížené (m-STD); černě vynesena diagonála, červeně regresní přímka

Fig. 7. Runoff depths Hq from the model MikeSHE against SMODERP from three representative catchments, for all rainfall return periods and temporal patterns and for two levels of soil infiltrability: average (mean0) and reduced (m-STD); in black is the diagonal line (1 : 1), in red a regression line

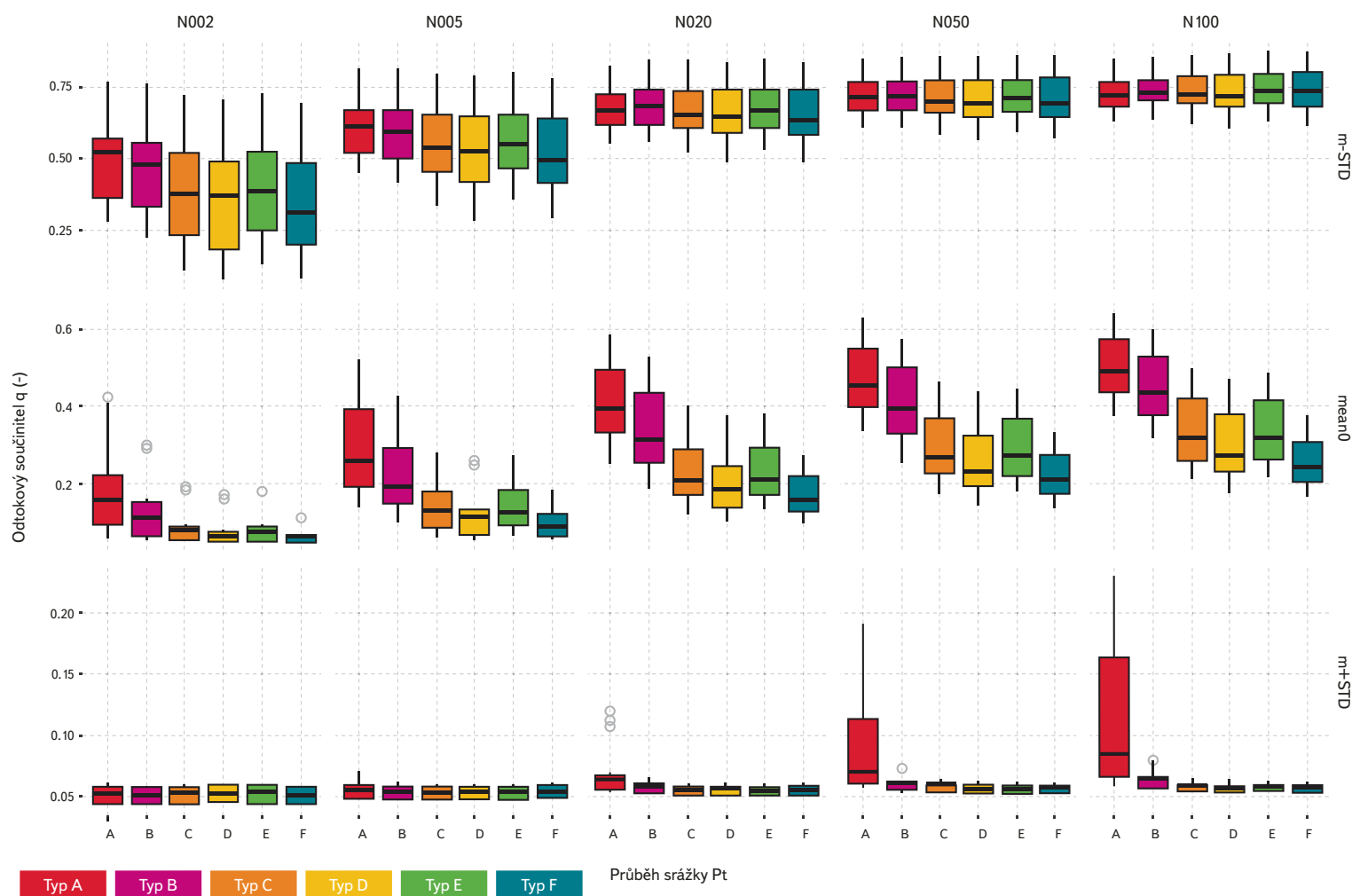
Citlivostní analýza modelu MikeSHE a typy srážek

Vzhledem k rozsáhlosti datového souboru je zde pro přehlednost uveden podrobnější rozbor výsledků jen na prvním z reprezentativních povodí – Býkovického potoka. Na obr. 8 jsou znázorněny kvartilové charakteristiky koeficientů odtoku (poměr odtokové a srážkové výšky) v závislosti na době opakování a typu srážky, v řádcích rozdělených podle stupně propustnosti půd. Z grafů je patrné, že u scénářů s nadprůměrnou vodivostí půd došlo ke generování odtoku až od doby opakování srážky 20 let a výše, a to navíc pouze v případě nejintenzivnějšího typu srážky A. Naopak scénáře s podprůměrnou vodivostí už se od doby opakování 20 let (srážka s úhrnem 62,5 mm) příliš navzájem mezi N-letostmi ani napříč typy průběhů srážek neliší, všechny generují velmi podobné poměry odtoku s mediánem kolem 70 %. To znamená, že vodivosti půd zde byly natolik malé, že spolu s povrchovou retencí dokázaly absorbovat výraznější část zátěžové srážky pouze v případě úhrnů do doby opakování mezi 5 a 20 lety. V těchto případech pak nejprůzračnější podmínky pro infiltraci představovala nejrovnoměrnější srážka typu F. Největší variabilitu lze pozorovat u typu D, což je dvouvrcholový průběh srážky s delší pauzou mezi hlavními epizodami, který poskytuje dostatek prostoru pro částečné zotavení infiltračních schopností půdy za dalších příznivých podmínek.

Největší variabilitu odtokových koeficientů v závislosti na tvaru lze pozorovat u průměrně vodivých půd (mean0). To lze vysvětlit menším významem

parametrů ovlivňující infiltraci a větším prostorem pro uplatnění dalších parametrů, jako je drsnost povrchu nebo povrchová retence. Zde jsou největší odtokové výšky a s nejvyšší variabilitou generovány intenzivními typy A a B, nejmenší odtoky s nejnižší variabilitou rovnoměrnou srážkou typu F. Průběhy typu C–E produkují relativně podobné odpovědi, opět je zde zajímavý efekt dvouvrcholové srážky typu D, která jak do rozsahu, tak mediánu poskytuje příznivější (nižší) odpovědi než rovnoměrnější srážka typu E.

Při pohledu na kulminační průtoky na obr. 9 je v případě nadprůměrně vodivých půd zřejmá podobná situace jako v případě poměrů odtoku. Protože je odtok generován jen v případě silně koncentrovaných srážek A a B, a to až od dob opakování 20 let, jsou i v případě kulminací ostatní krabicové grafy redukovány na nulovou úroveň. Zatímco u podprůměrně vodivých půd se rozpětí poměrů odtoku v rámci dané doby opakování značně překrývala napříč typy srážek, v případě kulminačních průtoků jsou jednoznačně vydělené zejména nejkoncentrovanější typy srážek A a B. Mezi tvary C–E pak není významnější rozdíl zejména ve středních hodnotách kulminací. To může mít přímý dopad do inženýrské praxe, kdy při navrhování opatření, u nichž je klíčovou charakteristikou pouze návrhový průtok, nebude nutné zahrnovat do výpočtu všechny tyto tři typy návrhových srážek. U průměrně vodivých půd jsou pak patrné podobné znaky jako u podprůměrně vodivých, až na to, že rozsahy odezev na jednotlivé tvary v rámci dané doby opakování jsou si blíží a více se překrývají.



Obr. 8. Kvartilové charakteristiky odtokového součinitele (poměrů odtoku) z povodí Býkovického potoka podle doby opakování a tvaru srážky pro tři varianty vodivosti půd
 Fig. 8. Quartile characteristics of runoff coefficients in the Býkovický stream catchment distinguished by the rainfall return period and temporal pattern for three levels of soils infiltrability

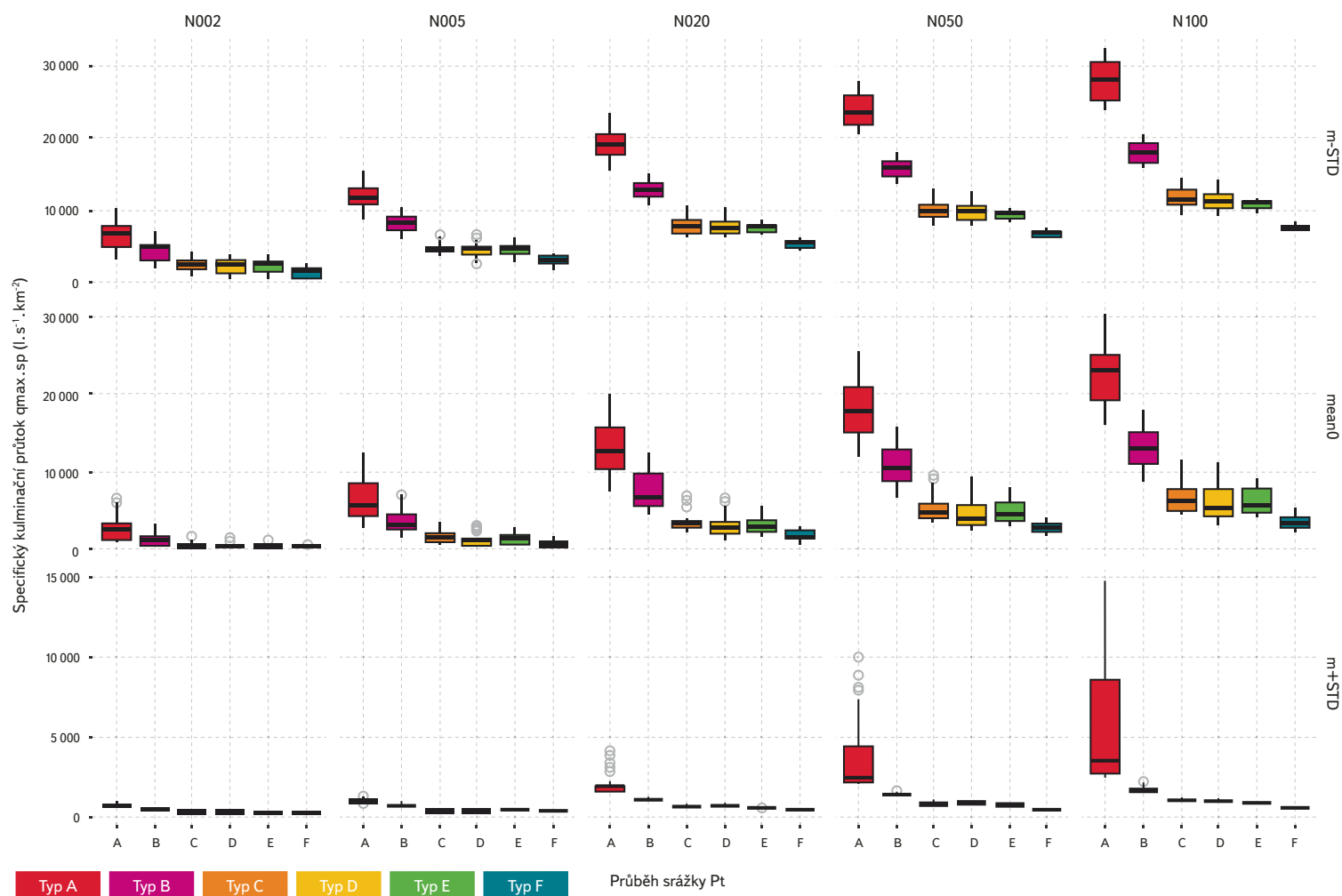
ZÁVĚR

V rámci projektu Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině bylo na základě časových řad radarového měření srážek odvozeno šest zobecněných průběhů šestihodinových návrhových srážek a byly stanoveny pravděpodobnosti jejich výskytu na území ČR. Spolu s odhady šestihodinových úhrnů srážek s dobami opakování 2 až 100 let byla tato data zpřístupněna prostřednictvím webových služeb pro odbornou veřejnost. Tento článek prezentuje analýzu nejistot provedenou s cílem identifikovat citlivost vybraných hydrologických modelů na odvozené průběhy srážek v kontextu s nejistotami způsobenými dalšími faktory. V tomto příspěvku jsou prezentovány výstupy z modelů MikeSHE, SMODERP a HMS na pěti reprezentativních povodích.

Ze srovnání výstupů modelů plyne značná variabilita v odtokových výškách i kulminačních průtocích připisáná čistě výběru hydrologického modelu i pro velmi blízké definované srážko-odtokové scénáře. Model HMS se od zbylých dvou fyzikálních modelů odlišuje zejména na zalesněných povodích díky odlišným podkladům a metodám pro výpočet infiltračních ztrát. I v základních rysech podobné modely SMODERP a MikeSHE dávají až o 100 % odlišné výsledky čistě vlivem odlišné metody výpočtu infiltrace i při použití stejných

hodnot nasycené hydraulické vodivosti půd. Odlišnosti se vytrácejí ve scénářích, kde je role infiltrace méně významná, například při nasyceném stavu nebo u podprůměrně vodivých půd. Pro rozptýl modelovaných hodnot byly odlišnosti modelu podstatnější než variabilita průběhů modelovaných srážek. Důsledkem pro praktické využívání fyzikálních modelů by tedy mělo být směřování k využití modelů aplikujících co nejpřesnější metody popisu infiltračního procesu. Komplikací a velkou výzvou pro budoucí výzkum a terénní práce jsou však sporadické a často nekonzistentní, nebo dokonce neexistující prostorové databáze podrobných hydraulických vlastností půd.

Detailní citlivostní analýza v modelu MikeSHE ukázala na závislost rozptýlu modelovaných charakteristik na průměrné úrovni vodivosti půd, a to v různé míře podle posuzované charakteristiky. U podprůměrně vodivých půd nehrál časový průběh srážky téměř žádnou roli pro odtokové výšky (respektive koeficienty odtoku), zato klíčovou roli pro kulminační průtoky. U průměrně vodivých půd byl průběh srážky shledán jako důležitý faktor pro obě odtokové charakteristiky, přičemž dominantní roli mají dva nejkonzentrovanejší z šesti navržených generalizovaných průběhů srážek. Mezi třemi méně koncentrovanými, přechodovými průběhy (včetně dvou průběhů se dvojími vrcholy intenzity) nebyl zjištěn výrazný rozdíl ani u jedné z odtokových charakteristik. Poslední, nejrovnoměrnejší srážka vykazovala nejmenší rozptýl i střední hodnotu obou



Obr. 9. Kvartilové charakteristiky specifických kulminačních odtoků z povodí Býkovického potoka podle doby opakování a tvaru srážky pro tři varianty vodivosti půd

Fig. 9. Quartile characteristics of specific peak discharges in the Býkovický stream catchment distinguished by the rainfall return period and temporal pattern for three levels of soils infiltrability

charakteristik. Tyto výsledky ukazují, že podrobný průběh krátkodobých srážek je důležitým faktorem tvorby odtoku na povodích s průměrně propustnými půdami (ve smyslu průměrných hodnot K_s pro danou zrnitostní třídu). To staví do nepříznivého světla dosud v praxi velmi oblíbené jednoduché konceptuální modely, jako je např. metoda SCS-CN, která zejména při výpočtu objemu odtoku nedokáže časovou variabilitu intenzit krátkodobých srážek zohlednit. Vzhledem ke komplikovanosti využití fyzikálních modelů to poskytuje prostor pro modifikaci těchto oblíbených a jednoduchých postupů tak, aby lépe odpovídaly fyzikálním principům tvorby přímého odtoku.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře projektu NAZV QJ1520265 Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině. Autoři děkují také recenzentům za užitečné připomínky.

Literatura

- [1] PRAX, P. *Katalogizace charakteristických dešťů pro potřeby stokování*. 1999. Brno: VUTUM, Vysoké učení technické v Brně, 119. ISBN 80-214-1489-8.
- [2] KULASOVÁ, B., ŠERCL, P. a BOHÁČ, M. *Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní*. Technická zpráva. 2004. Praha: ČHMÚ.
- [3] MIRZAEI, M., HUANG, Y.F., EL-SHAFIE, A., and SHATIRAH, A. Application of the generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE) approach for assessing uncertainty in hydrological models: a review. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* [online], 2015, vol. 29, No. 5, p. 1265–1273. ISSN 1436-3259. DOI: 10.1007/s00477-014-1000-6.
- [4] MÜLLER, M., KAŠPAR, M., and BLIŽŇÁK, V. Analysis of rainfall time structures on a scale of hours. 2017. Manuscript submitted for publication in *Atmos. Res.*, under review.
- [5] PLATE, E.J. Opinions „classification of hydrological models for flood management“ [online]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2009, vol. 13, No. 10, p. 1939–1951. ISSN 10275606.
- [6] KAVKA, P., STROUHAL, L., WEYSKRABOVÁ, L. a kol. Variabilita krátkodobých srážek jako zdroj nejistot v hydrologickém modelování v malých povodích České republiky. In: TESAR, M. a BRYCH, K., eds. *Hydrologie malého povodí 2017*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, 2017. ISBN 978-80-87117-15-6.
- [7] SCHARFFENBERG, W. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: User's Manual* [online]. 2015. Davis: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Dostupné z: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.1.pdf
- [8] SCS. *Tech. Rep. 55: Urban hydrology for small watersheds*, 1986.
- [9] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí – Metodika*. 2012. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha.

[10] KADLEC, V., DOSTÁL, T., VRÁNA, K. a kol. *Navrhování technických protierozních opatření: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0.

[11] HRÁDEK, F. a KOVÁŘ, P. Výpočet náhradních intenzit přiválových dešťů. *Vodní hospodářství*, 1994, roč. 11, s. 49. ISSN 1211-0760.

[12] ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. a BRÁZDIL, R. Denní úhrny zrážek s mimoriadnou výdatností v ČSSR v období 1901–1980. In: F. ŠAMAJ, ed. *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu*. Bratislava: ALFA, 1985, s. 9.

[13] VÚMOP. *Komplexní průzkum půd – webová aplikace* [online], [vid. 30. listopad 2017]. Dostupné z: <http://geoportal.vumop.cz/index.php?page=kpp>

[14] PLIVA, K. *Typologický klasifikační systém ÚHÚL* [online]. 1987. Brandýs n. L.: ÚHÚL. Dostupné z: http://www.uhul.cz/images/typologie/Typologicky_klasifikacni_system_UHUL_Pliva_1987.pdf

[15] TÓTH, B., WEYNANTS, M., NEMES, A., MAKÓ, A., BILAS, G., and TÓTH, G. New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. *European Journal of Soil Science* [online]. B.m.: Blackwell Publishing Ltd., 2015, vol. 66, No. 1, p. 226–238. ISSN 13652389. DOI: 10.1111/ejss.12192.

[16] WÖSTEN, J.H.M., LILLY, A., NEMES, A., and LE BAS, C. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. [online]. *Geoderma*, 1999, vol. 90, No. 3–4, p. 169–185 [vid. 14. srpen 2016]. ISSN 00167061. DOI: 10.1016/S0016-7061(98)00132-3.

[17] DOWNER, CH.W. and OGDEN, F.L. *Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis (GSSHA) User's Manual*. 2002. Vicksburg: U.S. Army Corps of Engineers.

[18] ROUTSCHEK, A. *EROSION2D/3D – Kurzbedienungsanleitung EROSION2D für das Modul Hydropedologie*. 2014. Freiberg: Technische Universität Bergakademie Freiberg.

[19] SMITH, A.J. and WALKER, T.R. *Improving Accuracy in Continuous Hydrologic Modeling: Guidance for Selecting Pervious Overland Flow Manning's n Values in the San Diego Region* [online]. 2016. Vista, CA, USA: Tory R. Walker Engineering.

[20] BĚLKA, L., DUŠÁNEK, P., FIALA, R., GAMRÁT, J., KAFKA, O., PEICHL, J. a ŠÍMA, J. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G)*. 2010.

Autoři

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.

✉ ludek.strouhal@fsv.cvut.cz

Ing. Petr Kavka, Ph.D.

✉ petr.kavka@fsv.cvut.cz

Ing. Lenka Weyskrabová, Ph.D.

✉ lenka.weyskrabova@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Příspěvek prošel lektorským řízením.

RESPONSE VARIABILITY OF SELECTED HYDROLOGICAL MODELS TO TYPICAL TEMPORAL DISTRIBUTIONS OF SHORT-TERM PRECIPITATION

STROUHAL, L.; KAVKA, P.; WEYSKRABOVA, L.

CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering

Keywords: temporal distribution of subdaily precipitation – design rainfall – hydrological modelling – sensitivity analysis

The article presents a selection of outcomes of a three-years' project named "Variability of Short-term Precipitation and Runoff in Small Catchments and its Influence on Water Resources Management". Its aim was to provide to the public the newly derived typical temporal distributions of subdaily precipitation, also known as design rainfalls. Next goal of the project was to analyse the impact of short-term precipitation variability on hydrological modelling and design of landscape water structures. This article is focused on selected outcomes of this analysis.

Hydrological models HMS, SMODERP and MikeSHE were included in the sensitivity analysis in order to describe the variability of runoff characteristics induced by the model structure. In general runoff depths from HMS model were found within the range of values produced by the other two physically based models, but its further assessment is hampered by the limitations of the SCS-CN method, which does not reflect the temporal distribution of input rainfall in terms of resulting runoff depths. In most aspects similar models SMODERP and MikeSHE differed in particular scenarios by as much as 100 % only due to the different infiltration routine. The deviations of these two models dissipate when initial soil conditions approach the saturated state or when the soils infiltrability is subnormal. The differences in model structure or methods proved to be more significant than the variability of rainfall temporal distribution.

Last part of presented results is focused on the detailed sensitivity analysis carried out in MikeSHE model only. The variability of modelled runoff proved to depend on the average soil infiltrability. At the same time the strength of the relationship differed for the two considered runoff characteristic. While in the conditions of subnormal soil infiltrability the rainfall temporal distribution did not play a significant role in terms of modelled runoff depths, it was a dominant factor affecting the runoff peak discharges. In contrast, in the conditions of average soil infiltrability the rainfall temporal distribution was equally important factor delimiting both runoff characteristics.



Kategorizace povodí IV. řádu pro potřeby srážko-odtokového modelování

PETR KAVKA, LUDĚK STROUHAL, PETR KOŽANT, LENKA WEYSKRABOVÁ

Klíčová slova: malá povodí — hydrologické modelování — charakteristiky povodí — návrhové srážky

SOUHRN

Motivace pro kategorizaci povodí vychází z potřeby navazujícího hydrologického modelování v tříletém projektu Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině. V tomto projektu byly odvozeny typické průběhy návrhových srážek o délce trvání 6 hodin a prostřednictvím hydrologického modelování byl hodnocen dopad jejich variability na návrhové parametry užívané v projekční praxi i řadě odborných studií. Článek představuje klasifikaci malých povodí v České republice pro potřeby jejich rozdělení z hlediska potenciální hydrologické odezvy na návrhové srážky. Pro celkem 7 739 povodí IV. řádu s plochou nad 0,5 km² byly určeny hlavní charakteristiky ovlivňující hydrologickou reakci daného povodí, jako je velikost povodí, uspořádání a hustota říční sítě, koeficienty protáhlosti, dále pak průměrná nadmořská výška a průměrný sklon. Půdní pokryv, retenční kapacita a hydopedologické vlastnosti jsou zahrnuty v průměrném čísle odtokové křivky (CN). Z morfologických parametrů, které mají vliv na rychlý odtok, byla vypočtena hodnota průměrné délky odtokové dráhy do nejbližšího vodního toku a nejdelší odtoková dráha po uzávěrový profil. Závislé parametry byly vyřazeny a zbylo tak pět základních parametrů pro následnou klasifikaci. Rozhodující pro klasifikaci byla pouze blízkost parametrů daných povodí nikoli jejich poloha. Postupně bylo testováno seskupování do 3 až 7 tříd. V případě vyššího počtu tříd již nedocházelo k vytvoření jasných skupin. Z finálních sedmi tříd dvě nebyly dále hodnoceny kvůli jejich relativně malému zastoupení (méně než 10 % plochy) a extremitě specifických parametrů, nejčastěji se jedná o tvarově ovlivněná a často velmi malá zbytková mezipovodí. Výsledkem tak je 5 tříd povodí v rámci ČR, která pokrývají přes 90 % území. Reprezentativní povodí každé třídy bylo v navazujících pracích detailně modelováno v modelech MikeSHE, SMODERP a HEC-HMS.

ÚVOD

Hospodaření s vodou v krajině je podmíněno objemem využitelných vodních zdrojů, neméně významně však i časovou a prostorovou distribucí jednotlivých složek hydrologické bilance, především srážek jakožto prakticky jediné příjmové složky pro malá povodí. Podrobnou časovou distribuci šestihodinových návrhových hyetogramů nedávno zpracoval Müller [1], v hrubším rozlišení hodinového kroku uvedla tři typické hyetogramy Kulasová [2] a již klasickou práci pak představuje analýza náhradních maximálních intenzit krátkodobých dešťů publikovaná Truplem [3]. Prostorová variabilita je v českých podmínkách popisována méně, příklady uvádí Kavka [4] na základě dat Šamaje [5] nebo Kulasová [4].

Na formování odtoku z konkrétního povodí mají kromě srážky vliv charakteristiky vlastního povodí. Mezi ty nejzásadnější patří využití území (půdní pokryv) a infiltrační vlastnosti půd. Kombinace těchto dvou charakteristik zásadně určuje míru potenciálního zachycení srážkové vody.

Dalším faktorem, který ovlivňuje hydrologické procesy, jsou sklonové a morfologické charakteristiky. Morfologii povodí lze charakterizovat celou řadou tvarových koeficientů, jedním z nich je například koeficient protáhlosti. V malých povodích je převažujícím rizikem především rychlý odtok z intenzivních příčinných srážek. Z hlediska formování povrchového odtoku spojeného s možným erozním ohrožením je pak nutné do charakteristiky konkrétního povodí zahrnout i dráhy odtoku mimo vodní toky (délku drah plošného odtoku). Z hlediska formování korytového odtoku je pak důležitá např. hustota říční sítě. Neméně důležitým parametrem je pak poměr délky vodních toků vůči ploše povodí, tzv. hustota říční sítě.

Motivací pro určení těchto charakteristik je následná kategorizace povodí IV. řádu. U vzájemně podobných povodí lze očekávat i podobnou reakci na stejnou příčinnou srážku. Z takto vytvořených kategorií je pak možné vybrat reprezentativní zástupce pro hodnocení vlivu charakteristik povodí na odtokové charakteristiky, jako je odtoková výška, kulminační průtok nebo doba kulminace. To je zejména výhodné při použití výpočetně náročnějších modelů, které znemožňují modelování rozsáhlého souboru srážko-odtokových scénářů. Naopak při použití jednodušších konceptuálních hydrologických modelů je možné u daných kategorií povodí vyhodnotit statistické rozdělení popisných charakteristik a to použít při stochastickém modelování hydrologické odezvy pro velké množství kombinací charakteristik povodí a zátěžové srážky. Použití obou těchto přístupů a výběr jejich výsledků je prezentován na jiném místě v tomto časopise. Následující části tohoto příspěvku se soustředí pouze na popis provedené klasifikace povodí a výběr reprezentativních zástupců.

METODY A POSTUPY

Určení a výběr charakteristik povodí

Celkem bylo vyčísleno 15 základních charakteristik povodí IV. řádu. Celkově mohlo být hodnoceno 8 842 povodí IV. řádu. Z hodnocení byla vyřazena velmi malá povodí s velikostí pod 0,5 km², která většinou tvoří zbytková mezipovodí, a kvůli jejich malé velikosti nabývají často jejich charakteristiky extrémních hodnot, nebo ztrácí reálný význam. Z hlediska hodnocení celé ČR se jedná o nevýznamné procento plochy. Pro zbylých 7 739 povodí s plochou nad 0,5 km² byly určeny charakteristiky uvedené v *tabulce 1*.

Tabulka 1. Seznam charakteristik povodí uvažovaných pro klasifikaci (kurzívou uvedeny později vyřazené veličiny)
 Table 1. List of catchment characteristics considered for classification (in italic later discarded parameters)

Koeficient reliéfu	Velikost povodí	Průměrný sklon
Maximální nadmořská výška	Minimální nadmořská výška	Průměrná nadmořská výška
Expozice svahu	Graviellův koeficient tvaru	Koeficient protáhlosti
Koeficient tvaru α	Celková délka vodních toků	Hustota říční sítě
Nejdelší odtoková dráha	Prům. délka dráhy plošného odtoku	Průměrná hodnota CN II

Následujícím krokem bylo kritické zhodnocení a redukce počtu parametrů kvůli zprůhlednění a jednoznačnosti klasifikační procedury. Hlavním cílem bylo zachovat pouze parametry, které jsou významné z hlediska potenciální hydrologické odezvy povodí, a zároveň parametry, mezi kterými není významná vzájemná korelace, a lze je tedy považovat za vzájemně nezávislé. Například z charakteristik nadmořské výšky je vzhledem k velikosti povodí IV. řádu zcela postačující zachovat pouze střední hodnotu. V případě převažující směrové orientace svahů se nejedná o hydrologicky významný parametr pro reakci povodí na krátkodobé deště, používána je spíše u studií zohledňujících tání sněhové pokrývky. Koeficient reliéfu je závislý na průměrné nadmořské výšce a hustota říční sítě může být zástupnou veličinou pro celkovou délku vodních toků. Po kritickém zhodnocení bylo takto ponecháno pro další analýzy osm charakteristik, vyřazené jsou v tabulce 1 uvedeny kurzívou.

Vybrané charakteristiky byly vyčísleny s využitím následujících zdrojů a postupů:

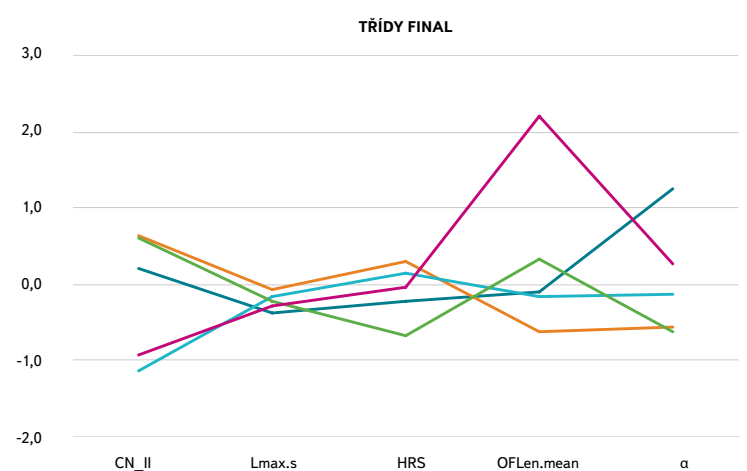
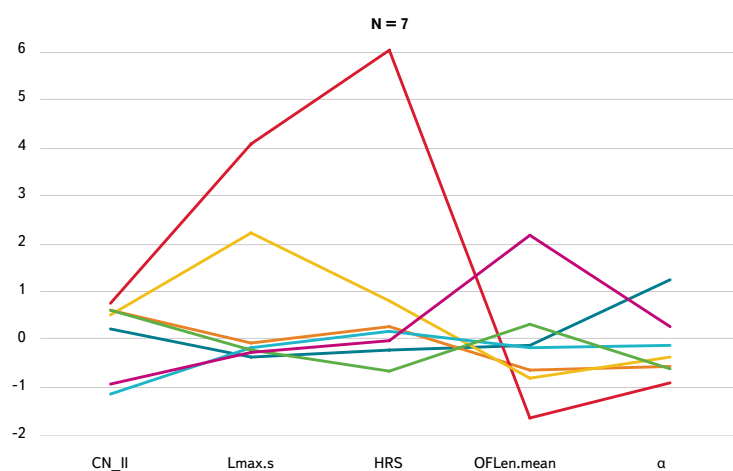
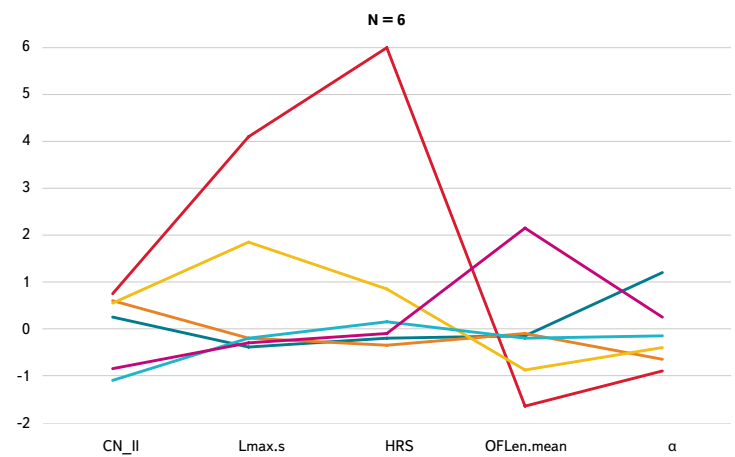
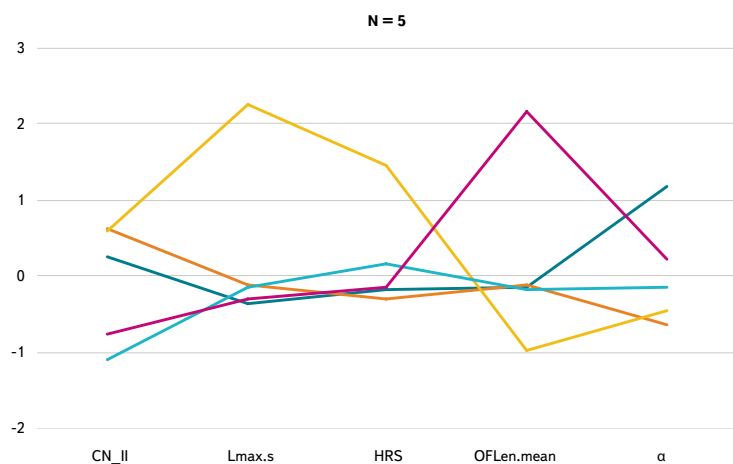
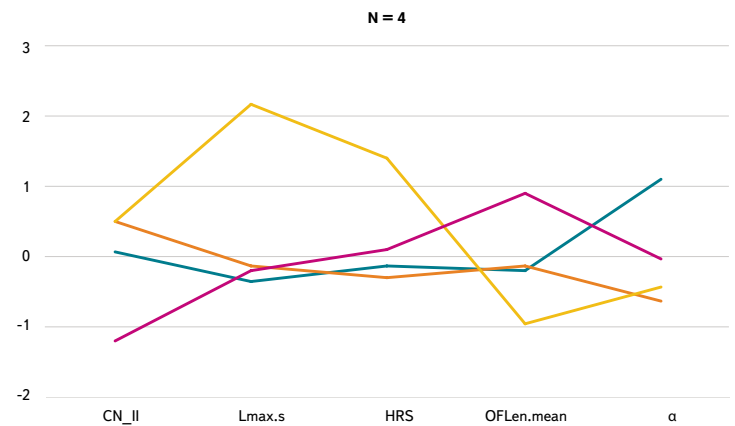
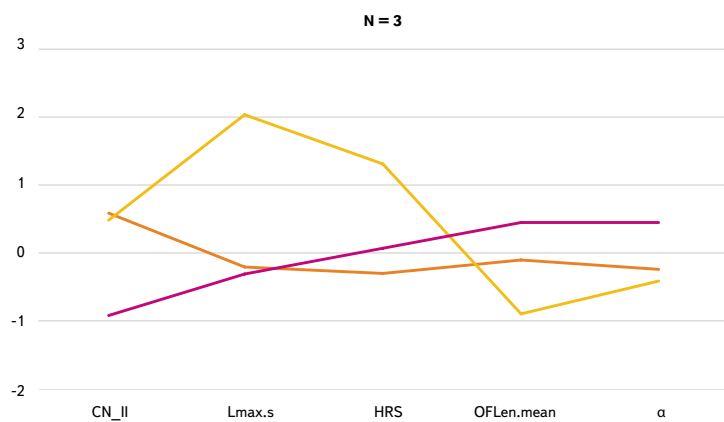
- Z databáze DIBAVOD byla převzata plocha povodí (A) a délka vodních toků v příslušném povodí.
- Hustota říční sítě (HRS) byla spočtena jako součet délek vodních toků vyskytujících se na území jednotlivých povodí.
- Průměrná nadmořská výška (NADMV) a sklon (SKL) byly odvozeny z rastru terénu odvozeného z DMR 4G (digitální model reliéfu 4. generace).
- Specifická maximální délka odtokové dráhy (Lmax.s) byla odvozena jako maximální délka odtokové dráhy z DMR 4G nástrojem ArchHydro a vážená plochou povodí.

- Průměrná délka dráhy povrchového odtoku (OFLen.mean) byla spočtena jako průměrná hodnota nad rastrem délek odtoku (Flow Length), přičemž pro výpočet délek byly uvažovány dráhy odtoku končící na hraně vodních toků (podle DIBAVOD).
- Koeficient tvaru α , který vyjadřuje protáhlost/vějířovitost povodí pak jako poměr plochy povodí a druhé mocniny nejkratší vzdálenosti mezi ústím a nejvzdálenějším bodem daného povodí.
- Průměrné hodnoty CN [6] pro střední stupeň nasycení (IPS II) byly vyhodnoceny nad rastrem CN odvozeným řešitelem (SWECO Hydroprojekt) v rámci jeho předchozího projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice. Aby byl zdůrazněn střední stav nasycení, je dále označován CN II.

Tabulka 2 uvádí korelační koeficienty mezi zbylými osmi charakteristikami povodí. Významnou korelaci lze nalézt mezi parametrem sklonu a hodnotou CN (-0,76), nadmořskou výškou a CN (-0,57) a průměrným sklonem a nadmořskou výškou (0,49). To odpovídá skutečnosti, že ve vyšších nadmořských výškách, stejně jako na prudších svazích, se častěji vyskytují lesní porosty s nízkou hodnotou CN. Naopak téměř nezávislé jsou všechny parametry s plochou povodí, kromě Lmax.s, která je plochou definována. Podobně žádná korelace nebyla nalezena mezi sklonem povodí, hustotou říční sítě a koeficientem tvaru povodí α (korelační koeficient kolem +/- 0,05).

Tabulka 2. Korelační matice pro osm vybraných charakteristik povodí
 Table 2. Correlation matrix for 8 selected catchment characteristics

	A	NADMV	SKL	α	HRS	CN II	OFLen. mean	Lmax.s
A	1,00							
NADMV	0,04	1,00						
SKL	-0,03	0,49	1,00					
α	0,02	0,12	0,15	1,00				
HRS	-0,17	0,18	0,05	-0,05	1,00			
CN II	-0,03	-0,57	-0,76	-0,12	-0,08	1,00		
OFLen.mean	0,14	0,42	0,19	0,06	-0,26	-0,20	1,00	
Lmax.s	-0,59	-0,17	-0,09	-0,23	0,40	0,13	-0,25	1,00



Obr. 1. Vývoj tříd povodí při klasifikaci do 3–7 shluků metodou K-means; hodnoty představují průměry charakteristik pro danou třídu standardizované vzhledem k průměru a směrodatné odchylce charakteristiky celého souboru

Fig. 1. Evolution of watershed classes from three to seven clusters using K-means method; values on the y-axis present the class means of particular characteristic standardized with respect to mean and standard deviation of the whole set

Klasifikace povodí

Pro klasifikaci 7 739 povodí IV. řádu byl ve finále použit výběr pěti charakteristik z výše uvedeného seznamu osmi posuzovaných. Tři byly dodatečně vyřazeny z různých důvodů. I když se parametr plochy povodí ukazuje jako nezávislý, neexistuje ve skutečnosti žádný přímý mechanismus, kterým by mohl ovlivnit modelovanou odezvu povodí. Podobně parametr průměrné nadmořské výšky byl vynechán, neboť se jedná o charakteristiku ovlivňující spíše parametry zátěžové srážky. Variabilita srážek však byla v navazujícím modelování zohledněna výběrem srážkových scénářů. Nakonec byl z uvažovaných charakteristik vyřazen průměrný sklon povodí pro značnou korelaci s hodnotami CN. Pro klasifikaci charakteristických skupin povodí tedy bylo zvoleno těchto pět charakteristik:

- koeficient tvaru povodí α (–),
- hustota říční sítě HRS (km/km²),
- průměrné číslo odtokové křivky pro střední stav předchozího nasycení CN II (–),
- specifická maximální délka odtokové dráhy Lmax.s (m/km²),
- průměrná délka dráhy povrchového odtoku OFLen.mean (m).

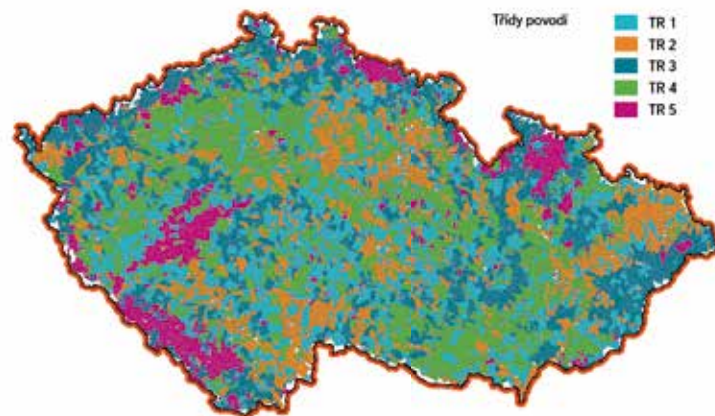
Samotná klasifikace povodí na základě vybraných charakteristik byla provedena v prostředí ArcGIS nástrojem Grouping Analysis s využitím metody K-means. Nebyla zadána žádná omezení uvažující polohu povodí (No Spatial Constraints), tedy povodí ze stejné třídy spolu nemusí nutně sousedit a rozhodující pro přiřazení do třídy je pouze blízkost jejich parametrů. Postupně bylo testováno seskupování do 3 až 7 tříd. Pro každou třídu byly spočteny popisné statistiky použitých charakteristik povodí. Průměrné hodnoty pro každou třídu pak byly standardizovány vzhledem k průměru a odchylce celého souboru a vyneseny v podobě paralelního grafu. Vývoj paralelního grafu při postupném zvyšování počtu tříd ukazuje *obr. 1*. Barvy ve všech grafech a značení v následujícím textu odpovídají paralelnímu grafu pro maximální počet sedmi tříd.

Při klasifikaci povodí do tří tříd se vyděluje výrazná třída TR4, které dominují povodí s velmi vysokou specifickou délkou nejdelší odtokové dráhy Lmax.s. Tato třída je však poměrně málo početná a zbylé dvě TR2 a TR7 se liší zejména hodnotou CN. Při zvýšení počtu tříd na 4 se rozpadá třída TR7 a vzniká nová třída TR1, rozhodujícím kritériem se zde zdá být tvar povodí vyjádřený koeficientem α . Při dalším zvýšení počtu tříd na 5 se dále rozpadá TR7 a vzniká nová třída TR5, výrazným rozlišovacím znakem je délka středních drah plošného odtoku OFLen.mean. Zvýšením počtu tříd na 6 se už tak relativně málo početná skupina TR4 rozpadá a vyděluje se z ní velmi malá třída TR3 s extrémními hodnotami hustoty říční sítě HRS a specifickou délkou nejdelší odtokové dráhy Lmax.s. Čitelnost výstupů klasifikačního nástroje se zastavila při navýšení počtu tříd na 7, kdy poslední nová třída TR6 vzniká pravděpodobně vydělením z TR2. Tyto dvě třídy mají téměř shodné parametry až na inverzní vztah hustoty říční sítě HRS a průměrné střední dráhy plošného odtoku OFLen.mean.

VÝSLEDNÉ TŘÍDY POVODÍ

Pro sedm vzniklých tříd byly vyčísleny četnosti jejich zastoupení. Kvůli malé četnosti (57, resp. 613 povodí ze 7 739) nebo velkému podílu nestandardních povodí (zpravidla mezipovodí nebo povodí odvodňovacích kanálů) bylo rozhodnuto vypustit z klasifikace třídy TR3 a TR4 a povodí spadající do těchto tříd zařadit do nehodnocených povodí k povodím do 0,5 km². Výsledný počet tříd se tedy ustálil na 5, které zastupují přes 90 % plochy ČR, a skupina nehodnocených povodí (malá povodí a skupiny TR3 a TR4).

Výsledné třídy byly pro další řešení přecíslovány na souvislou řadu 1–5 se zachováním vzestupného pořadí z původní klasifikace (tedy TR1-2-5-6-7 → TR1-2-3-4-5) a -1 pro nehodnocená povodí. Důvodem přecíslování bylo automatické číslování skupin nástrojem Grouping Analysis, bez možnosti ovlivnit pořadí. Zastoupení výsledných tříd povodí IV. řádu na území ČR je patrné na *obr. 2*.



Obr. 2. Prostorové rozložení pěti tříd povodí klasifikovaných podle podobnosti charakteristik

Fig. 2. Regionalization of five watershed classes based on their characteristics similarity

Jednotlivé třídy reprezentují skupinu povodí s blízkými charakteristikami, podle nichž lze třídy popsat následovně:

- TR1: povodí vějířovitá s nejkratší dobou koncentrace, střední hustotou říční sítě a délkou drah povrchového odtoku. Využití území je smíšené, zastoupeny jsou lesy i k odtoku náchylnější pokrivy (např. zemědělská půda).
- TR2: protáhlá povodí s největší dobou koncentrace, vysokou hustotou říční sítě a nejkratšími dráhami povrchového odtoku. Ve využití území převažuje spíše zemědělská půda a zpevněné plochy.
- TR3: přechodný tvar povodí se střední dobou koncentrace, vyšší hustotou říční sítě a střední délkou drah povrchového odtoku. Převažuje lesní pokryv a další plochy generující méně odtoku.
- TR4: povodí obdobná jako v TR2 (protáhlá povodí s převahou zemědělské půdy či zpevněných ploch), avšak s nízkou hustotou říční sítě a díky tomu delšími dráhami povrchového odtoku.
- TR5: povodí obdobná jako v TR3 (přechodný až vějířovitý tvar povodí se střední dobou koncentrace a převahou lesního pokryvu), ale velmi dlouhé dráhy povrchového odtoku.

Tabulka 3. Absolutní průměrné hodnoty charakteristik výsledných tříd povodí
Table 3. Absolute mean values of characteristics of final catchments classes

Třída	CN_II	α	HRS	Lmax.s	OFLen. mean
TR1	70,7	0,486	1,32	747	120
TR2	74,7	0,271	1,69	935	100
TR3	57,7	0,322	1,59	867	118
TR4	74,4	0,264	0,98	839	136
TR5	59,7	0,370	1,45	801	208

Pro každou třídu povodí byla určena poloha těžiště v parametrickém prostoru (daná souřadnicemi v *tabulce 3*) a variabilita parametrů uvnitř třídy. U každého ze 7 739 povodí byla poté spočtena jeho standardizovaná odlehlost od těžiště jemu příslušející třídy. Seřazením povodí podle této odlehlosti bylo možné vyhledat vhodné kandidáty nejlépe reprezentující jednotlivé třídy. Po podrobnějším studiu mapových podkladů a vyloučení pro modelování nevhodných kandidátů byla jako reprezentativní povodí zastupující jednotlivé třídy vybrána povodí uvedená v *tabulce 4*. Jejich polohu v rámci ČR ukazuje *obr. 3*.

Tabulka 4. Reprezentativní povodí pro výsledné třídy vzešlé z klasifikace
Table 4. Representative catchments for five final classes

Třída	Název toku	Číslo hydr. pořadí	Plocha (km²)
TR1	Býkovický p.	1-09-03-0890	7,75
TR2	Struhařovský p.	1-09-03-1250	5,79
TR3	Chouzavá	1-08-05-1060	4,86
TR4	Škvorecký p.	1-04-07-0530	9,36
TR5	Halounský p.	1-11-05-0340	6,09



Obr. 3. Poloha vybraných charakteristických povodí s číslem třídy
Fig. 3. Location of representative catchments with their class number

ZÁVĚR

Pomocí shlukové analýzy charakteristik povodí IV. řádu bylo určeno pět převažujících skupin povodí. Jejich zařazení pak umožňuje výběr vhodných zástupců tříd pro navazující hodnocení variability hydrologické odezvy povodí na příčinné srážky. V původních patnácti parametrech byly nalezeny parametry s výraznou vzájemnou korelací, což vedlo k redukci jejich počtu. Jedním z překvapivých závěrů byla velmi silná závislost mezi hodnotou CN a průměrným sklonem povodí. Z prostorového rozložení výsledných tříd povodí vyplývá, že není možné podle zvolených kritérií rozčlenit území ČR do homogenních celků, ale že se různé typy povodí vyskytují prakticky na celém území. Je možné sledovat převažující skupiny povodí v horských oblastech, což je dáno vyšší mírou zalesnění, a tím pádem nižší hodnotou CN. Provedená klasifikace povodí do tříd podle podobných charakteristik umožní provést návaznou citlivostní analýzu fyzikálních hydrologických modelů pouze na vybraných reprezentativních povodích dané třídy. Místo modelování velkého množství povodí mohou být použiti pouze reprezentativní zástupci jednotlivých tříd povodí. V případě konceptuálních modelů pak klasifikace umožní stochastické modelování díky odlišným statistickým rozdělením vstupních parametrů u jednotlivých tříd povodí.

Poděkování

Analýza charakteristik povodí a jejich klasifikace byly motivovány výběrem reprezentativních povodí pro potřeby projektu NAZV QJ1520265 Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině, s jehož podporou vznikla.

Literatura

[1] MÜLLER, M., KAŠPAR, M., and BLIŽŇÁK, V. Analysis of rainfall time structures on a scale of hours. 2017. Manuscript submitted for publication in Atmos. Res., under review.
[2] KULASOVÁ, B., ŠERCL, P. a BOHÁČ, M. Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní, 2004.
[3] TRUPL, J. Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy. Praha: VÚV Praha, 1958.
[4] KAVKA, P., STROUHAL, L., LANDA, M. a DAVID, V. Nástroj pro odvození návrhových srážkových úhrnů na území ČR. Vodní hospodářství, 2016, roč. 66, č. 8, s. 9–15. ISSN 1211-0760.
[5] ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. a BRÁZDIL, R. Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980. In: ŠAMAJ, F., ed. Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu. Bratislava: ALFA, 1985, s. 9.
[6] SCS. Tech. Rep. 55: Urban hydrology for small watersheds, 1986.

Autoři

Ing. Petr Kavka, Ph.D.¹
✉ petr.kavka@fsv.cvut.cz

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.¹
✉ ludek.strouhal@fsv.cvut.cz

Ing. Petr Kožant²
✉ petr.kozant@sweco.cz

Ing. Lenka Weyskrabová, Ph.D.¹
✉ lenka.weyskrabova@fsv.cvut.cz

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
²Sweco Hydroprojekt, a. s.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

CLASSIFICATION OF SMALL WATERSHEDS FOR THE RAINFALL-RUNOFF MODELLING IN THE CZECH REPUBLIC

KAVKA, P.¹; STROUHAL, L.¹; KOZANT, P.²; WEYSKRABOVA, L.¹

¹CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering

²Sweco Hydroprojekt, a. s.

Keywords: small watersheds — hydrological modelling —
catchment characteristics — design rainfalls

This article introduces a classification of small watersheds in the Czech Republic in terms of potential hydrological response to a set of design precipitation time series. Watershed classes as well as precipitation time series were derived as a partial result of a three-year project aimed at the design of typical soil conservation measures and small water management structures. Design precipitation scenarios were derived in an analysis of radar-based rainfall measurements taking into consideration the precipitation totals, their frequency, internal intensity distribution and spatial distribution over the Czech Republic. A motivation for watersheds classification lies in the need of assessing the impacts of derived precipitation scenarios on the watersheds' response using various hydrologic models. The watersheds classification was carried out in a scale of small stream basins. The main parameters affecting a hypothetical hydrological response were calculated for each basin. The principal characteristics involved in the evaluation are basin area, drainage density, average elevation and slope. Land cover, geological and hydrologic soil properties are reflected in the average runoff curve number (SCS-CN). In terms of parameters which affect the timing and shape of runoff response the watershed shape coefficient alpha, specific maximum flow path length and the mean surface flow path length were calculated. Dependent parameters were discarded resulting in final five parameters for the subsequent grouping analysis.

For the classification a Grouping Analysis Tool using the K-means method was applied. The grouping was tested successively using from 3 to 7 classes. In the end for the final 5 classes representative watersheds were selected. These representatives will be further used in hydrologic modelling and uncertainty analyses.

Webové služby pro poskytování návrhových srážek

MARTIN LANDA, PETR KAVKA, LUDĚK STROUHAL, JIŘÍ CAJTHAML

Klíčová slova: hydrologické modelování — návrhové srážky — GIS — webové služby — publikace

SOUHRN

V rámci využití nástrojů geografických informačních systémů (GIS) v hydrologickém modelování se do popředí dostávají tzv. webové služby, které uživatelům umožňují rychle a efektivně získat potřebná vstupní data pro vlastní modelování. Z hlediska jednoho z klíčových vstupů – návrhových dešťů – je tento deficit v rámci ČR značný. Zde popisovaný příspěvek představuje vznikající portál pro poskytování srážkových dat, na němž jsou provozovány dva typy služeb. První z nich má za cíl poskytovat náhled na mapové vrstvy N-letých maximálních denních úhrnů za účelem tvorby mapových kompozic. Druhá služba již poskytuje výpočetní nástroje, které může uživatel vzdáleně využívat.

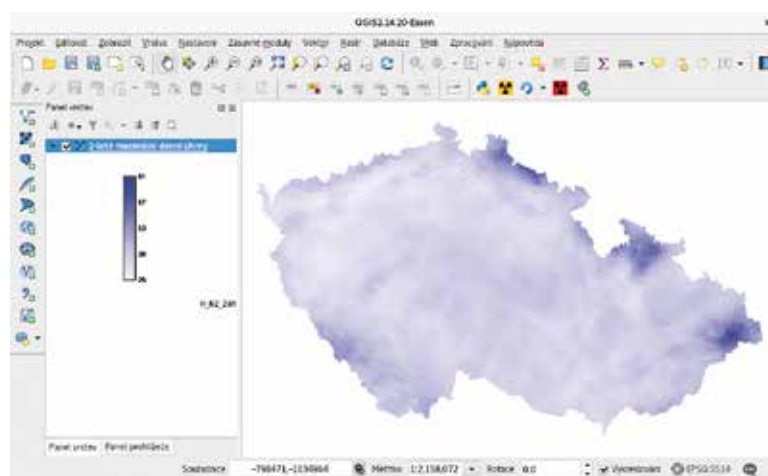
Webové služby jsou poskytovány podle standardů Open Geospatial Consortium (OGC). První z výše zmíněných služeb je postavena na standardu Web Map Service (WMS), druhá poté na Web Processing Service (WPS).

Výpočetní služba na bázi WPS poskytuje dvě základní sady procesů (dále v textu označované jako „nástroje“). První část nástrojů vyčísluje na základě vstupních bodových či polygonových dat a délky srážky hodnoty úhrnů návrhových srážek za zvolenou dobu opakování. Druhá část nástrojů již pracuje s časovou distribucí srážek odvozenou pro pevně definovanou dobu srážky 6 hodin a kromě úhrnu tak nově poskytuje i teoretické tvary návrhových srážek a jejich pravděpodobnost výskytu.

Příspěvek dále představuje moderní publikační platformu Gisquick, která umožňuje snadnou tvorbu vizuální interaktivní webové mapové aplikace. Zde je využita pro publikaci typizovaného výpočtu návrhových srážek na povodích 4. řádu s využitím WPS nástrojů.

ÚVOD

Získat rychle a efektivně vstupní data je jedním z klíčových momentů pro využití geografických informačních systémů (GIS) v hydrologickém modelování. Proto se do popředí dostávají moderní technologie založené na principu tzv. webových služeb či aplikací. Jeden z příkladů takovéto webové aplikace může být model Bilan [1]. Tento příspěvek představuje vznikající mapový portál RAIN (rain.fsv.cvut.cz) poskytující webové služby a aplikace o krátkodobých deštích – návrhových srážkách. V rámci portálu jsou provozovány v současnosti dva typy webových služeb. První z nich, OGC WMS – Web Map Service, má za cíl poskytovat náhled na mapové vrstvy N-letých maximálních denních úhrnů za účelem tvorby mapových kompozic. Druhým typem služby je OGC WPS – Web Processing Service poskytující výpočetní nástroje, které může uživatel vzdáleně využívat. Cílem těchto služeb je poskytnout uživateli geograficky lokalizovaná srážková data a současně i nástroje pro jejich zpracování.



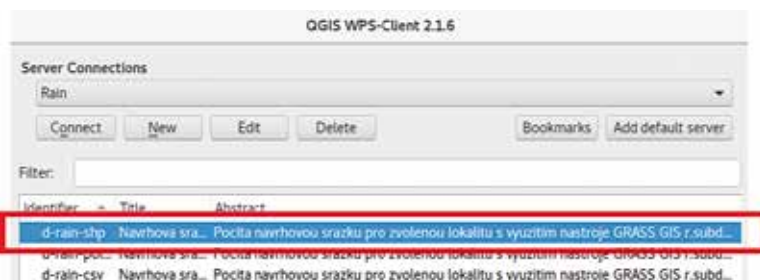
Obr. 1. WMS vrstva 2letých maximálních denních úhrnů zobrazená v programu QGIS
Fig. 1. WMS layer of maximum daily rainfall depths with return period of 2 years displayed in QGIS

Provozované webové služby jsou po technologické stránce implementovány na bázi open source komponent, konkrétně jde o operační systém Debian, mapový server MapServer, WPS framework PyWPS a GIS analytický nástroj GRASS GIS. Autoři zvolili open source komponenty především s cílem dlouhodobé udržitelnosti řešení nezávislého na externím dodavateli. Z pohledu uživatele jsou mapové podklady a výpočetní služby zpřístupněny v libovolném softwaru, který podporuje služby OGC WMS a WPS.

Datová základna provozovaných webových služeb

Základem poskytovaných dat jsou předzpracované rastrové vrstvy. Jedním typem vrstev jsou denní úhrny odvozené na základě bodových hodnot publikovaných Šamajem [2]. Jedná se o rastrová data v prostorovém rozlišení 1 km, hodnoty byly vyhodnoceny pro doby opakování 2 až 100 let. Metodu plošné interpolace bodových hodnot na základě vícerozměrné regrese podrobněji popisuje Kavka [3].

Druhým typem vrstev jsou odhady šestihodinových úhrnů odvozených na základě desetileté řady adjustovaných radarových dat a pozemních měření. Jedná se sice o aktuálnější datový podklad (2002–2011), nicméně pro frekvenční analýzu dostupná desetiletá řada pozorování s sebou nese nejistoty zejména v oblasti úhrnů dlouhých dob opakování. Podrobný popis odvození těchto vrstev je teprve připravován k článku Müllera a kol. viz [5]. Tato vstupní data



Obr. 2. Výběr WPS nástroje d-rain-shp v programu QGIS

Fig. 2. Choosing d-rain-shp WPS tool in QGIS

obsahují kromě informace o hodnotě šestihodinového úhrnu srážky i pravděpodobnosti výskytu šesti typizovaných časových průběhů srážky v závislosti na zvolené lokalitě v rámci ČR.

WEBOVÉ SLUŽBY

Web Map Service

Cílem služby Web Map Service (WMS) je poskytnout náhled rastrových vrstev N-letých maximálních denních úhrnů jednoduchou a snadno dostupnou formou. WMS je nejrozšířenějším typem webových služeb, proto nechybí ani v představovaném portálu.

V rámci této služby jsou dostupné náhledy N-letých maximálních denních úhrnů v prostorovém rozlišení 1 km. Podporovanými souřadnicovými systémy jsou S-JTSK (EPSG:5514), UTM 33N (EPSG:32633) a WGS-84 (EPSG:4326). Konkrétně se jedná o následující vrstvy (obr. 1):

- 2leté maximální denní úhrny (H_N2_24h),
- 5leté maximální denní úhrny (H_N5_24h),
- 10leté maximální denní úhrny (H_N10_24h),
- 20leté maximální denní úhrny (H_N20_24h),
- 50leté maximální denní úhrny (H_N50_24h),
- 100leté maximální denní úhrny (H_N100_24h).

Služba je dostupná na adrese <https://rain1.fsv.cvut.cz/services/wms>, podrobnější informace je možné získat na stránce portálu.

Web Processing Service

Kromě dobře známé a rozšířené služby WMS je v rámci portálu poskytována i pro uživatele zajímavější služba Web Processing Service (WPS), která umožňuje výpočet hodnot úhrnů návrhových srážek podle zadaných vstupních parametrů. Jelikož jsou veškeré výpočty prováděny na vzdáleném serveru, nepotřebuje uživatel, kromě WPS klienta, instalovat žádný další softwarový nástroj.

V rámci této služby může uživatel přistupovat k celkem pěti různým nástrojům. První tři (d-rain-shp, d-rain-csv a d-rain-point) vrací hodnoty úhrnů návrhových srážek v mm pro uživatelem zadaná vektorová polygonová či bodová data, dobu opakování a délku srážky. Hodnota úhrnu návrhové srážky zvolené délky trvání je počítána na výpočetním serveru nástrojem r.subdayprecip. design založeném na redukci denních úhrnů podle známého vztahu a koeficientů metodiky [4]. Úhrny jsou získány pomocí zonální statistiky nad rastrem denních úhrnů s prostorovým rozlišením 1 km, jehož odvození popisuje Kavka a kol. [3]. Tento nástroj tedy uživatelům, kteří používali například ručně interpolované a pro ČR tabelované denní hodnoty a na jejich základě pak redukční metodou určovali srážku zvolené délky, významně usnadňuje její získání.



Obr. 3. Spuštění WPS nástroje d-rain-shp pro dobu opakování 2 roky a délkou srážky 120 min

Fig. 3. Launching d-rain-shp WPS tool with input parameters of return period of 2 years and rain length of 120 min

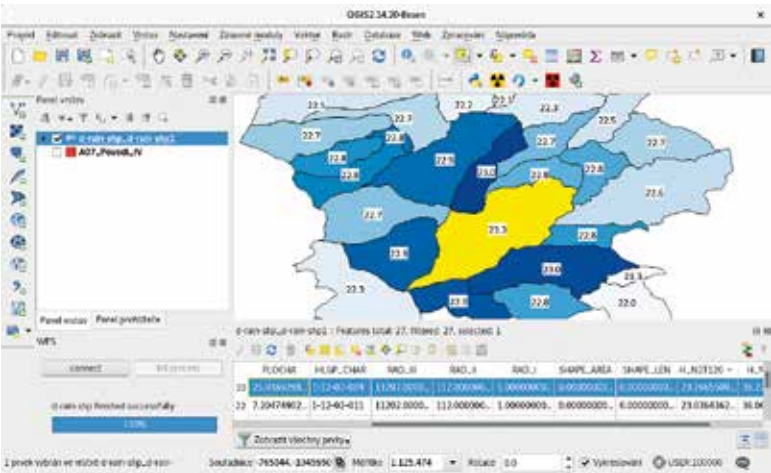
Vzhledem k tomu, že byly N-leté úhrny odvozeny jako bodové hodnoty, mají služby definovány plošné omezení na vstupní data. Pro polygony s výměrou nad 20 km² vrací nástroje chybovou hodnotu úhrnu návrhové srážky -1.

Výše zmiňované tři nástroje se liší pouze typem výstupu. Zatímco nástroj d-rain-shp vrací výstupní data v GIS formátu Esri Shapefile, d-rain-csv poskytuje vypočítané úhrny návrhových srážek v textovém formátu Comma Separated Values (CSV), která si může uživatel otevřít v běžném tabulkovém procesoru. Poslední uvedený nástroj d-rain-point vyčíslí hodnotu návrhové srážky pouze pro jeden zadaný bod. Tato služba je využívána v navazující webové aplikaci, viz kapitola Webová aplikace pro bodový výpočet návrhové srážky. Následuje příklad výstupu nástroje d-rain-csv s délkou srážky 3 hodiny (T180) a dobou opakování 2 a 5 let (N2 a N5). První sloupec obsahuje jednoznačné identifikátory vstupních vektorových prvků.

```
ID, H_N2T180_mm, H_N5T180_mm
109030830, 25.7, 39.0
109030850, 25.0, 38.1
109030810, 25.4, 38.6
...
```

Druhá skupina nástrojů je fixována na délku trvání srážky 6 hodin. Tato služba vrací uživateli šestihodinové úhrny včetně jejich časového průběhu podle jednoho až šesti typických tvarů návrhových srážek. Kromě jednotlivých typů časového průběhu také vrací pravděpodobnost jejich výskytu. Typické průběhy a jejich pravděpodobnosti výskytu jsou označovány písmeny A až F. Hodnoty šestihodinových úhrnů byly odvozeny frekvenční analýzou radarových srážkových dat. Použité metody detailněji popisuje Müller [5].

První z těchto nástrojů, d-rain6h-timedist, vyčíslí průběhy šestihodinových návrhových srážek včetně jejich pravděpodobnosti výskytu na základě vstupních polygonových či bodových dat zadaných uživatelem. Úhrn srážky je vyčíslěn na základě zonální statistiky nad rastrem šestihodinových úhrnů. Úhrn je dále distribuován do časového průběhu pomocí bezrozměrných typizovaných distribučních křivek. Pravděpodobnost výskytu daného typu průběhu srážky



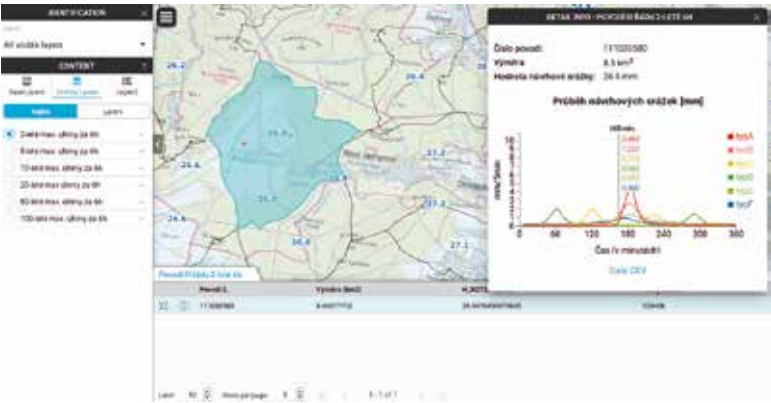
Obr. 4. Příklad vizualizace hodnot úhrnů návrhových srážek vypočtených nástrojem d-rain-shp v prostředí programu QGIS
Fig. 4. Visualisation of design rainfall depths computed by d-rain-shp tool in QGIS environment

je odvozena taktéž zonální statistikou nad rastry relativních četností v prostrovém rozlišení 1 km. Druhý nástroj totalrain6h-timedist vrací průběhy šestihodinových návrhových srážek pro uživatelem přímo zadanou hodnotu úhrnu návrhové srážky. Tento nástroj umožňuje uživateli zadat jiným způsobem získaný úhrn šestihodinové srážky, například na základě dat získaných od ČHMÚ. Časový průběh srážky je odvozen stejným způsobem jako v případě předchozího nástroje. Pravděpodobnost výskytu jednotlivých typů průběhu srážky neposkytuje. Oba nástroje vrací výsledky v jednoduchém textovém formátu CSV. Příklad výstupu nástroje d-rain6h-timedist pro dobu opakování 2 a 5 let (N2 a N5) s tvarem návrhové srážky typu A (viz [5]):

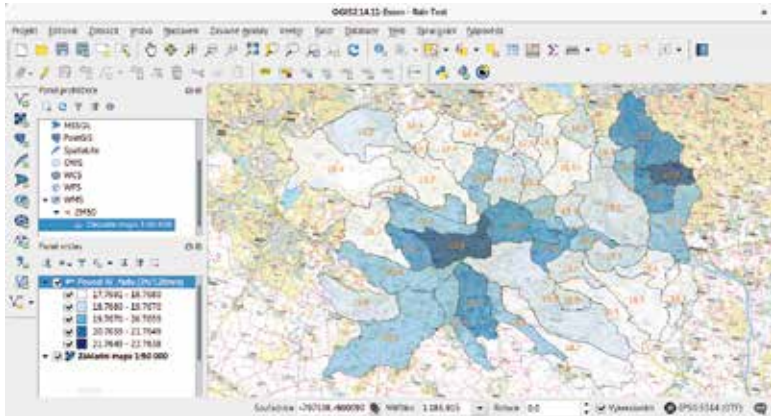
```
ID, CAS_min, H_N2typA_mm, H_N5typA_mm, P_N2typA_%, P_N5typA_%,  
109030830,0,,16,0,14,3  
109030830,5,0.006,0.008,,  
109030830,10,0.009,0.013,,  
...  
109030830,355,0.028,0.038,,  
109030830,360,0.016,0.021,,  
109030850,0,,13,3,11,8  
109030850,5,0.006,0.008,,  
109030850,10,0.009,0.012,,  
...
```

První sloupec (v našem případě s názvem ID) je jednoznačný identifikátor vybraný uživatelem z atributů vyskytujících se v odesílaném vektorovém GIS souboru (typicky např. ve formátu Esri Shapefile), který umožňuje přiřadit vypočítané hodnoty původním vektorovým prvkům. Název klíčového atributu je zadán jako parametr WPS nástroje keycolumn.

První datový řádek pro každý prvek (zvýrazněn zelenou barvou) již obsahuje rozepsané pravděpodobnosti výskytu daného tvaru návrhové srážky, ve výše uvedeném příkladu jde o sloupce P_N2typA_% a P_N5typA_%. Na dalších řádcích (žlutá barva) jsou poté rozepsány v kroku po 5 minutách úhrny návrhových srážek pro danou dobu opakování a typ tvaru srážky, v našem případě jde o sloupce CAS_min, H_N2typA_mm a H_N5typA_mm.



Obr. 5. Zobrazení teoretických průběhů návrhových srážek pro dané povodí na webové platformě Gisquick
Fig. 5. Visualisation of typical temporal distribution of a design rainfall for given basin in Gisquick web publishing platform



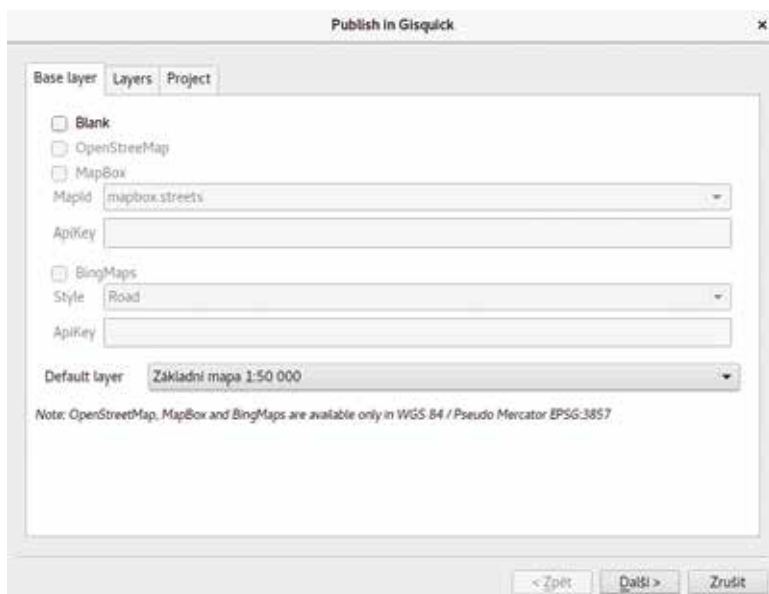
Obr. 6. Příprava mapového projektu v prostředí programu QGIS
Fig. 6. Map project preparation in QGIS

Využití webových služeb v rámci (Q)GIS

Výpočetní webové služby typu WPS lze volat přímo z běžného webového prohlížeče, nicméně pro drtivou většinu uživatelů je přístupnější použití specializované aplikace, tzv. WPS klienta. V textu je prezentováno použití WPS služby v dobře známém open source GIS nástroji QGIS, který je volně dostupný, podporuje službu OGC WPS, a tudíž je i ideální pro využití širokou veřejností. Po instalaci WPS klienta do prostředí QGIS můžeme volně přistoupit k výše zmíněným nástrojům, jako je např. d-rain-shp, viz obr. 2 a 3. Dále byla služba WPS testována v rozšířeném softwaru Esri ArcGIS, ten ale bohužel standard OGC WPS nativně nepodporuje a softwaru třetích stran v podobě WPS klienta nefungují zcela bez problému.

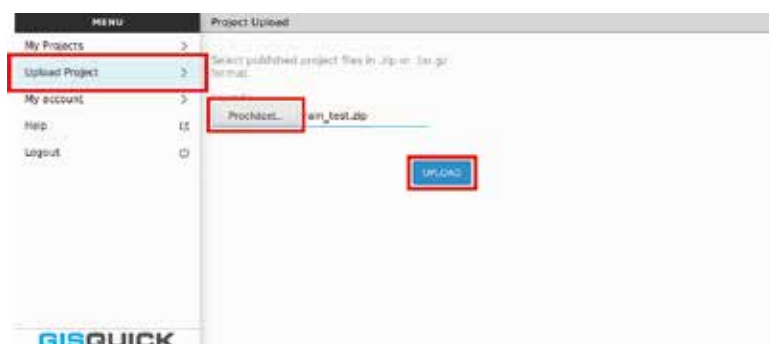
Výsledek výpočtu se poté zobrazí přímo v mapovém okně QGISu, viz obr. 4.

Služba je dostupná na adrese <https://rain1.fsv.cvut.cz/services/wps>. Podrobný návod volání WPS nástroje z prostředí desktopového programu QGIS je dostupný v dokumentaci portálu¹.



Obr. 7. Publikace mapového projektu pomocí nástroje Gisquick plugin

Fig. 7. Map project publication using Gisquick plugin



Obr. 8. Nahrání mapového projektu ve formátu ZIP do webového prostředí Gisquick

Fig. 8. Uploading map project in ZIP format in web Gisquick interface

WEBOVÉ APLIKACE A PUBLIKOVÁNÍ DAT

Na webové služby OGC WMS a WPS navazují v rámci portálu provozované webové aplikace. Konkrétně se jedná o jednoduchou webovou aplikaci pro bodový odečet úhrnu návrhové srážky a komplexní webovou platformu umožňující snadnou publikaci výsledků výpočtu návrhových srážek v podobě interaktivní webové mapové aplikace. Podobně jako v případě webových služeb jsou i webové aplikace postaveny na bázi open source softwarových komponent, a to především projektu Gisquick, který byl pro účely prezentovaného portálu upraven, konkrétně doplněn o možnost zobrazení tzv. info panelu včetně interaktivního grafu [6]. V duchu open source vývoje byly tyto úpravy zpětně začleněny do projektu Gisquick, mohou z nich čerpat tudíž i jeho další uživatelé. Podrobné informace jsou k dispozici v dokumentaci na adrese <https://rain1.fsv.cvut.cz/docs>.

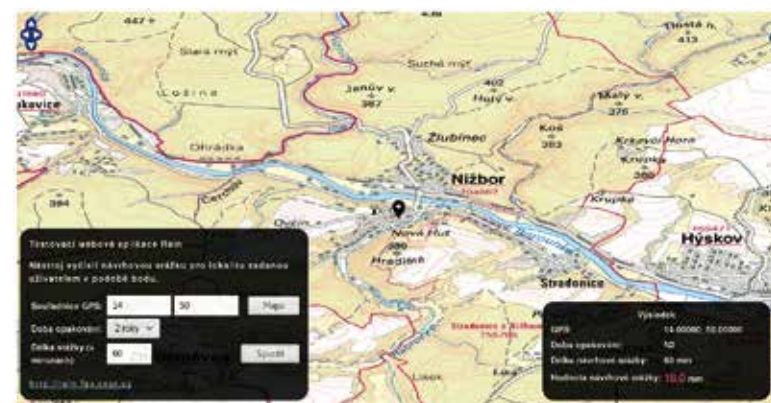
Webová platforma Gisquick pro publikování výpočtu návrhové srážky

Z původního záměru prezentovat úhrny návrhových srážek pro typizovanou povodí 4. řádu včetně jejich teoretických tvarů vznikla široce rozkročená webová platforma umožňující relativně snadnou publikaci vlastních



Obr. 9. Příklad vlastní publikované webové aplikace zobrazené v běžném webovém prohlížeči

Fig. 9. Example of sample published web application shown in common web browser



Obr. 10. Ukázka výpočtu návrhové srážky pro zadaný bod ve webové aplikaci

Fig. 10. Calculation of the design rainfall depth for given location in the web application

dat. Nicméně základem zůstává ukázková aplikace, která zobrazuje typizovanou vrstvu povodí 4. řádu s vyčíslenými úhrny návrhových srážek v tématech podle doby opakování (2, 5, 10, 20, 50 a 100 let) odvozenými pro pevně definovanou dobu srážky 6 hodin. Pomocí vestavěného nástroje *identify* lze pro vybrané povodí zobrazit grafickou interpretaci průběhu teoretických tvarů, viz obr. 5. Zároveň je možné získat výše uvedené rozdělení šestihodinového úhrnu do příslušných tvarů včetně pravděpodobnosti jejich výskytu ve formátu CSV (odpovídající funkcionalitou webovému nástroji d-rain6h-timedist). Aplikace je dostupná na adrese <https://rain1.fsv.cvut.cz/webapp/gisquick>.

PROCES TVORBY VLASTNÍ WEBOVÉ APLIKACE

Zajímavou funkcionalitou webové platformy Gisquick je možnost publikovat vlastní mapové projekty. Každý uživatel si může vytvořit webovou aplikaci podobnou té, která byla představena v úvodu této kapitoly. Proces tvorby mapového projektu od registrace do systému až po jeho publikování je podrobně popsán v dokumentaci (<https://rain1.fsv.cvut.cz/docs>). V tomto textu budou zmíněny pouze podstatné body publikačního procesu. Publikace vlastních projektů vyžaduje registraci uživatelského účtu v platformě Gisquick ve formě vyplnění jednoduchého formuláře a potvrzení registrace e-mailovou komunikací. Mapový projekt musí být nejprve připraven na počítači uživatele, a to v prostředí open source nástroje QGIS, viz obr. 6.

V druhém kroku je tento projekt publikován specializovaným nástrojem „Gisquick plugin“ (viz obr. 7) do formy ZIP souboru, který může být poté přes webové rozhraní Gisquicku nahrán na publikační server, viz obr. 8.

Po nahrání projektu do webového prostředí Gisquick je automaticky vytvořena webová mapová aplikace, proces publikace je dokončen. Výsledek je znázorněn na obr. 9.

Webová aplikace pro bodový výpočet návrhové srážky

Tato aplikace vznikla jako pilotní ukázka integrace nabízených WPS nástrojů do běžné webové mapové aplikace. V jednoduchém prostředí zajišťovaném knihovnou OpenLayers je možné volat nástroj d-rain-point (viz kapitola Web Processing Service), a tak interaktivně pro daný bod odečítat při zadané hodnotě doby opakování a délky srážky hodnotu úhrnu návrhové srážky v mm. Polohu bodu lze přitom zadat buď interaktivně kliknutím, či posunem bodu v mapě, nebo přímým zadáním souřadnic zeměpisné délky a šířky do webového formuláře, viz *obr. 10*. Aplikace je dostupná na adrese <https://rain1.fsv.cvut.cz/webapp/d-rain-point>.

ZÁVĚR

Příspěvek prezentuje mapový portál rain.fsv.cvut.cz poskytující webové služby a aplikace pro odvození krátkodobých dešťů – návrhových srážek. Vznik tohoto portálu umožňuje uživatelům získat návrhové srážky pro kteroukoliv lokalitu v rámci ČR efektivní a moderní formou. Doplnuje tak obtížně získatelný zdroj dat pro hydrologické modelování. Veřejnosti jsou nabídnuty nejen náhledy rastrových vrstev N-letých maximálních denních úhrnů, ale především specializované výpočetní nástroje pro určení úhrnů návrhových srážek a jejich typických časových průběhů pro geografická vstupní data zadaná uživatelem. Vzhledem k tomu, že jsou tyto výpočetní nástroje poskytovány jako webová služba (WPS), nekladou na straně uživatele omezení na použitý software, platformu či zařízení. K jejich konzumaci stačí softwarový nástroj podporující službu WPS.

Z tohoto pohledu je portál inovativní, především v oblasti hydrologického modelování, kde nejsou podobně navržené webové služby běžné. Na webové služby navazuje samostatná webová aplikace pro výpočet úhrnu návrhové srážky pro zadaný bod a webová platforma Gisquick umožňující vyčíslené úhrny návrhových srážek prezentovat atraktivním způsobem ve formě webové mapové aplikace. Portál tak svým uživatelům nabízí ucelenou škálu webových služeb a prezentační možnosti online.

Poznámky

1. <https://rain1.fsv.cvut.cz/docs/projekt.html#vypocet-uhru-navrhovych-srazek>

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QJ1520265 Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině.

Literatura

- [1] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. a KAŠPÁREK, L. Nové možnosti modelu Bilan. *VTEI*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 7–10. ISSN 0322-8916.
- [2] ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. a BRÁZDIL, R. Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980. In: ŠAMAJ, F. ed. *Zborník prác Slovenského hydrometeorologického ústavu*. Bratislava: ALFA, 1985, s. 9.
- [3] KAVKA, P., STROUHAL, L., LANDA, M. a DAVID, V. Nástroj pro odvození návrhových srážkových úhrnů na území ČR. *Vodní hospodářství*, 2016, roč. 66, č. 8, s. 9–15. ISSN 1211-0760.
- [4] HRÁDEK, F. a KOVÁŘ, P. Výpočet náhradních intenzit přívalových dešťů. *Vodní hospodářství*, 1994, roč. 11, s. 49. ISSN 1211-0760.
- [5] MÜLLER, M., KAŠPAR, M., and BLIŽŇÁK, V. Analysis of rainfall time structures on a scale of hours. 2017. Manuscript submitted for publication in *Atmos. Res.*, under review.
- [6] LANDA, M., KAVKA, P., STROUHAL, L., et al. Building A Complete Free and Open Source GIS Infrastructure for Hydrological Computing and Data Publication using GISlab and Gisquick Platforms. 2017. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W2, p. 101–105. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W2-101-2017>, 2017.

Autoři

Ing. Martin Landa, Ph.D.

✉ martin.landa@fsv.cvut.cz

Ing. Petr Kavka, Ph.D.

✉ petr.kavka@fsv.cvut.cz

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.

✉ ludek.strouhal@fsv.cvut.cz

doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

✉ jiri.cajthaml@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Příspěvek prošel lektorským řízením.

WEB SERVICES FOR THE PROVISION OF DESIGN RAINFALL

LANDA, M.; KAVKA, P.; STROUHAL, L.; CAJTHAML, J.

CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering

Keywords: hydrological modelling – design rainfalls – GIS – web services – publishing

In the field of GIS support for hydrological modelling there has been distinct evolution towards so called web services, which enable the users to obtain necessary input data for modelling in a fast and effective way. With respect to design rainfall data – one of the key component – the deficit has been considerable. This article describes an upcoming portal operating two types of web services providing rainfall data. First service provides the view-only raster layers of maximum daily precipitation with several levels of return period for the use in the map compositions. The second service offers several processing services which can be remotely utilized by the user.

The web services are provided according to the Open Geospatial Consortium (OGC) standards. First service is based on the Web Map Service (WMS) standard, the other on the Web Processing Service (WPS) standard.

The processing service based on WPS provides two basic sets of tools. First toolset takes the point or polygon data as an input and for the specified region of Czech republic calculates the design rainfall depths for an event of required duration and return period. The second toolset additionally considers the temporal distribution of the events, but is fixed to the duration of six hours. Beside the rainfall depths the tools return up to six typical temporal patterns and their occurrence probability for the specified region and return period.

Next this article presents a modern publishing platform Gisquick, which enables fast creation of an visual interactive web map application. Here it is utilized for publishing the typical project of design rainfalls derivation for the small catchments with the use of presented WPS tools.

Komunální odpadní voda jako diagnostické médium

VĚRA OČENÁŠKOVÁ

Klíčová slova: epidemiologie odpadních vod — odpadní vody — alkohol — drogy — léčiva — nikotin — ftaláty — rezidua pesticidů — biomarkery

SOUHRN

Príspevek nastiňuje možnosti využití epidemiologického přístupu k analýze komunálních odpadních vod k monitoringu životního stylu obyvatelstva, stravovacích návyků, dopadů stavu životního prostředí na člověka, hodnocení zdravotního stavu populace a sledování spotřeby nezákonných drog a dalších látek v monitorované populaci. Jeho cílem je upozornit na potřebu věnovat se tomuto vědnímu oboru více i v České republice.

ÚVOD

Získat nové údaje o tom, co všechno se v životním prostředí vyskytuje, je ve své podstatě čím dál tím jednodušší. Instrumentální technika se bouřlivě vyvíjí, je stále citlivější a citlivější, obsluha přístrojů se zjednodušuje. V jednom analytickém běhu stanovujeme stovky sloučenin najednou, a to v nanogramových i subnanogramových množstvích. Stanovujeme látky známé (target analysis), hledáme další látky (non-target screening), abychom je následně již jako známé látky mohli dále sledovat. Takto získaná data většinou porovnáme s legislativou, s normami, vyhláškami, maximálními reziduálními limity a zjistíme, zda analyzovaný vzorek vyhovuje či nevyhovuje požadovaným parametrům.

Na naměřená data můžeme ale pohlížet i jiným způsobem. Epidemiologický přístup k analýze komunálních odpadních vod (wastewater based epidemiology – WBE) je příkladem jiného využití naměřených dat. Základ WBE byl položen na přelomu let 1999 až 2000 vyslovením hypotézy, že ke komunální odpadní vodě lze přistupovat jako ke zředěnému vzorku moči [1, 2] a poprvé byla aplikována v povodí řeky Pád [3]. Prvními látkami, které byly takto sledovány, byly nezákonné drogy, především kokain a jeho metabolity. Cílem bylo zjistit spotřebu nezákonných drog ve sledované populaci zpětnou kalkulací zjištěných koncentrací drog v komunálních odpadních vodách. Obecný princip nového přístupu k monitorování a zpřesňování odhadu prevalence a užívání drog v populaci metodou epidemiologie odpadních vod – sewage epidemiology – byl popsán ve zvláštní zprávě Evropského monitorovacího centra pro drogy a drogové závislosti (EMCDDA) z roku 2008 [4]. Nejvýznamnější analytickou metodou používanou k měření je bezpochyby kapalinová chromatografie ve spojení s hmotnostní detekcí.

Od dob svého vzniku se stala WBE plnohodnotnou, velmi rychle se rozvíjející disciplínou, která spojuje práci expertů z mnoha oborů. V celosvětovém měřítku je využívána především jako doplňková metoda k monitoringu spotřeby nezákonných drog, např. v Evropě Ort [5], v Asii Khan [6] nebo Gao [7], v Americe Subedi a Kannan [8], v Austrálii Irvine [9].

V moči, a tím i v komunálních odpadních vodách, se vyskytují i další látky (či jejich metabolity), kterým je lidská populace exponována a které jsou v těle metabolizovány, jako např. zákonné drogy a léčiva, kofein, nikotin, ethanol, potravinové a environmentální kontaminanty, ale i specifické biomarkery, které mohou přinášet informace o zdravotním stavu monitorovaného obyvatelstva. Kvantitativní měření těchto látek spolu se zpětnou kalkulací poskytne informaci např. o stravovacích návycích, zdravotním stavu, výskytu chorob, spotřebě alkoholu, léčiv a nikotinu nebo expozici potravinovým a environmentálním polutantům. Zároveň lze zjistit také trendy v užívání či expozici, ať už krátkodobé nebo dlouhodobé.

Příklad možných biomarkerů využitelných pro monitoring zdravotního stavu populace prostřednictvím WBE uvádějí Thomas a Reid [10]. Tyto biomarkery rozdělují do čtyř skupin. První skupina slouží k monitoringu životního stylu, druhá ke sledování stravovacích návyků, další k hodnocení zdravotního stavu populace a výskytu chorob, poslední je zaměřena na dopady stavu životního prostředí na člověka (expozice pesticidům, PAH a aflatoxinům). Autoři upozorňují na obrovský potenciál epidemiologického přístupu k analýze komunálních odpadních vod, stejně jako Kasprzyk-Hordern [11].

ALKOHOL, DROGY, LÉČIVA, NIKOTIN

Sledováním spotřeby alkoholu v Norsku prostřednictvím specifických biomarkerů ethylsulfátu a ethylglukuronidu v komunální odpadní vodě se zabývají Reid a kol. [12] a doporučují využití této metody ke sledování efektivity preventivních kampaní zaměřených na snížení spotřeby alkoholu.

Venkatesan a Halden navrhuje využít čistírny odpadních vod jako „observatoř“ pro předpověď zdravotního a environmentálního rizika způsobeného antropogenními chemickými látkami [13].

Venhuis s kolegy sledovali spotřebu sildenafilu, léku na erektilní dysfunkci, ve třech nizozemských městech. Výsledky porovnali s množstvím předepisovaného farmaka. Z porovnání obou údajů usuzují, že cca 60 % sildenafilu bylo pořízeno na černém trhu [14].

K monitoringu spotřeby nikotinu v České a Slovenské republice využili epidemiologický přístup k analýze odpadních vod [15]. Z výsledků týdenního monitoringu celkem v sedmi městech byla zpětnou kalkulací využívající specifický korekční faktor vypočtena spotřeba cigaret v České, resp. Slovenské republice a výsledky byly porovnány s oficiálními statistikami o spotřebě cigaret. Shoda mezi výsledky byla velmi dobrá. Obdobným postupem monitorovali spotřebu nikotinu (a cigaret) v osmi italských městech Castiglioni a kol. [16]. Oba způsoby zjištění spotřeby cigaret se vhodně doplňují, epidemiologický přístup umožňuje sledovat trendy ve spotřebě v téměř reálném čase a účinnost

opatření směřujících ke snížení spotřeby tabáku. V Belgii (město Lier) monitorovali spotřebu nikotinu a alkoholu pomocí epidemiologického přístupu van Vel a kol. [17].

Baz-Lomba a kol. porovnávali množství nelegálních drog, alkoholu, nikotinu a kofeinu v odpadních vodách s údaji zjištěnými jiným způsobem (prodej, zabavené drogy, spotřeba). Pro léčiva a kokain byla prokázána dobrá shoda výsledků, u ostatních látek je třeba ve výzkumu pokračovat [18].

První mezinárodní studii srovnávající spotřebu alkoholu zjištěnou prostřednictvím epidemiologického přístupu ke komunálním odpadním vodám v celkem 20 městech Evropy, Austrálie a Kanady prezentovali Ryu a kol. [19]. Opět bylo prokázáno, že epidemiologický přístup k analýze odpadních vod je významným doplňujícím nástrojem pro sledování spotřeby alkoholu na komunální úrovni.

PESTICIDY

Nový přístup k biomonitoringu prezentují Rousis a kol. [20, 21]. V komunální odpadní vodě z několika italských měst sledovali přítomnost humánních metabolitů alkyfosfátů, pyrethroidů, chlorpyrifosu a chlorpyrifos-methylu. Výsledky dokumentují vysokou expozici populace pesticidními látkám běžně používaným k ochraně zemědělských plodin, průmyslovým a domácím účelům. V rámci Evropy sledoval Routis se spoluautory specifické biomarkery triazinů, organofosfátů a pyrethroidů v osmi evropských městech a státech. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny pro organofosfáty, nejnižší pro triaziny. V některých městech byla populace vystavena především působení pyrethroidů, v dalších převládaly organofosfáty. Výsledky byly v dobré korelaci s národními statistikami o prodeji pesticidních látek a dokumentují vhodnost využití tohoto přístupu ke sledování expozice populace pesticidními látkami [22].

FTALÁTY

Další skupinou látek, kterou je možno tímto způsobem sledovat, jsou ftaláty. Možné využití sledování metabolitů ftalátů v komunální odpadní vodě pro časoprostorové studie expozice populace těmito sloučeninám a identifikaci více ohrožených oblastí předpokládají Gonzáles-Mariño a kol. [23].

ZÁVĚR

Tento příspěvek uvádí pouze příklady možností epidemiologického přístupu k odpadním vodám. Současný stav a budoucí perspektivy využití měření biomarkerů v odpadních vodách jako nového zdroje epidemiologických informací publikuje v podrobném souhrnném článku skupina badatelů, kteří se této problematice věnují dlouhodobě [24]. Jak již bylo řečeno, epidemiologický přístup k analýze odpadních vod je velmi rychle se rozvíjející multidisciplinární obor, který otvírá mnoho dalších možností ke sledování životního stylu a zdraví populace. Je třeba provést ještě další výzkum, především je nutno věnovat pozornost chování biomarkerů v kanalizační síti, např. jejich schopnosti vázat se na suspendované částice přítomné v odpadní vodě, vliv pH, teploty vody v systému či dobu zádrže v této síti, než bude možno WBE adekvátně aplikovat. Bylo by vhodné i v České republice této problematice věnovat více pozornosti.

Příspěvek byl publikován ve sborníku konference Hydroanalytika 2017, ISBN-978-80-904986-3-1.

Literatura

- [1] DAUGHTON, C.D. and TERNES, T.A. Pharmaceutical and personal care products in the environment: Agent of subtle Change? *Environ. Health perspect.*, 1999, No. 107, p. 907–938.
- [2] DAUGHTON, C.G. Illicit drugs: contaminants in the environment and utility in forensic epidemiology. *Rev. Environ. contam. toxicology.*, 2001, No. 210, p. 59–110.
- [3] ZUCCATO, E., CHIABRANDO, CH., and CASTIGLIONI, S., CALAMARI, D., et al. Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor. *Environmental Health: A Global Access Science Source.*, 2005, 4, p. 14. DOI: 10.1186/1476-069X-4-14. ISSN 1476069x. Dostupné také z: <http://www.ehjournal.net/content/4/1/14>
- [4] FROST, N. Assessing illicit drugs in wastewater: potential and limitations of a new monitoring approach. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008, 100 p. EMCDDA insights series, 9. ISBN 92-916-8317-5.
- [5] ORT, CH., VAN NUIJS, A.L.N., BERSET, J.D., BIJLSMA, L., et al. Spatial differences and temporal changes in illicit drug use in Europe quantified by wastewater analysis. *Addiction*, 2014, vol. 109, No. 8, p. 1338–1352. DOI: 10.1111/add.12570. ISSN 09652140. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/add.12570>
- [6] KHAN, U., VAN NUIJS, A.L.N., LI, J., et al. Application of a sewage-based approach to assess the use of ten illicit drugs in four Chinese megacities. *Science of The Total Environment.*, 2014, 487, p. 710–721. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.01.043. ISSN 00489697. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969714000527>
- [7] GAO, J., O'BRIEN, J., LAI, F.Y., VAN NUIJS, A.L.N., HE, J., et al. Could wastewater analysis be a useful tool for China? — A review. *Journal of Environmental Sciences.*, 2015, 27, p. 70–79. DOI: 10.1016/j.jes.2014.09.025. ISSN 10010742. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1001074214002381>
- [8] SUBEDI, B. and KANNAN, K. Mass Loading and Removal of Select Illicit Drugs in Two Wastewater Treatment Plants in New York State and Estimation of Illicit Drug Usage in Communities through Wastewater Analysis. *Environmental Science*, 2014, vol. 48, No. 12, p. 6661–6670. DOI: 10.1021/es501709a. ISSN 0013-936x. Dostupné také z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501709a>
- [9] IRVINE, R.J., KOSTAKIS, CH., FELGATE, P.D., JAEHNE, E.J., et al. Population drug use in Australia: A wastewater analysis. *Forensic Science International*. 2011, vol. 210, No. 1–3, p. 69–73. DOI: 10.1016/j.forsciint.2011.01.037. ISSN 03790738. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0379073811000521>
- [10] THOMAS, K.V. and REID, M.J. What Else Can the Analysis of Sewage for Urinary Biomarkers Reveal About Communities? *Environmental Science.*, 2011, vol. 45, No. 18, p. 7611–7612. DOI: 10.1021/es202522d. ISSN 0013-936x. Dostupné také z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es202522d>
- [11] KASPRZYK-HORDERN, B., BIJLSMA, L., CASTIGLIONI, S., COVACI, A., et al. Wastewater-based epidemiology for public health monitoring. *Water and Sewerage Journal*, 2014, 4, p. 25–26.
- [12] REID, M.J., LANGFORD, K.H., MØRLAND, J., and THOMAS, K.V. Analysis and Interpretation of Specific Ethanol Metabolites, Ethyl Sulfate, and Ethyl Glucuronide in Sewage Effluent for the Quantitative Measurement of Regional Alcohol Consumption. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*. 2011, vol. 35, No. 9. DOI: 10.1111/j.1530-0277.2011.01505.x. ISSN 01456008. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-0277.2011.01505.x>
- [13] VENKATESAN, A.K. and HALDEN, R.U. Wastewater Treatment Plants as Chemical Observatories to Forecast Ecological and Human Health Risks of Manmade Chemicals. *Scientific Reports*. 2014-1-16, 4, DOI: 10.1038/srep03731. ISSN 2045-2322. Dostupné také z: <http://www.nature.com/doi/finder/10.1038/srep03731>
- [14] VENHUIS, B.J., DE VOOGT, P., EMKE, E., CAUSANILLES, A., and KEIZERS, P.H.J. Success of rogue online pharmacies: sewage study of sildenafil in the Netherlands. *BMJ.*, 2014, vol. 349, No. jul019, g4317–g4317. DOI: 10.1136/bmj.g4317. ISSN 1756-1833. Dostupné také z: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.g4317>
- [15] MACKULAK, T., BIROŠOVÁ, L., GRABIC, R., ŠKUBÁK, J. and BODÍK, I. National monitoring of nicotine use in Czech and Slovak Republic based on wastewater analysis. *Environmental Science and Pollution Research.*, 2015, vol. 22, No. 18, p. 14000–14006. DOI: 10.1007/s11356-015-4648-7. ISSN 0944-1344. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-015-4648-7>
- [16] CASTIGLIONI, S., SENTA, I., BORSOTTI, A., DAVOLI, E., and ZUCCATO, E. A novel approach for monitoring tobacco use in local communities by wastewater analysis. *Tobacco Control.*, 2014, vol. 24, No. 1, p. 38–42. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2014-051553. ISSN 0964-4563. Dostupné také z: <http://tobaccocontrol.bmj.com/lookup/doi/10.1136/tobaccocontrol-2014-051553>
- [17] VAN WEL, J.H.P., GRACIA-LOR, E., VAN NUIJS, A.L.N., et al. Investigation of agreement between wastewater-based epidemiology and survey data on alcohol and nicotine use in a community. *Drug and Alcohol Dependence.*, 2016, 162, p. 170–175. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2016.03.002. ISSN 03768716. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0376871616000137X>
- [18] BAZ-LOMBA, J.A., SALVATORE, S., GRACIA-LOR, E., et al. Comparison of pharmaceutical, illicit drug, alcohol, nicotine and caffeine levels in wastewater with sale, seizure and consumption data for 8 European cities. *BMC Public Health*, 2016, vol. 16, No. 1. DOI: 10.1186/s12889-016-3686-5. ISSN 1471-2458. Dostupné také z: <http://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-016-3686-5>
- [19] RYU, Y., BARCELÓ, D., BARRON, L.P., et al. Comparative measurement and quantitative risk assessment of alcohol consumption through wastewater-based epidemiology: An international study in 20 cities. *Science of The Total Environment.*, 2016, 565, p. 977–983. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.138. ISSN 00489697. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969716030832>

[20] ROUSIS, N.I., ZUCCATO, E., and CASTIGLIONI, S. Monitoring population exposure to pesticides based on liquid chromatography-tandem mass spectrometry measurement of their urinary metabolites in urban wastewater: A novel biomonitoring approach. *Science of The Total Environment*, 2016, 571, p. 1349–1357. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.036. ISSN 00489697. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969716314814>

[21] ROUSIS, N.I., ZUCCATO, E., and CASTIGLIONI, S. Wastewater-based epidemiology to assess human exposure to pyrethroid pesticides. *Environment International*, 2017, 99, p. 213–220. DOI: 10.1016/j.envint.2016.11.020. ISSN 01604120. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412016303993>

[22] ROUSIS, N.I., GRACIA-LOR, E., ZUCCATO, E., et al. Wastewater-based epidemiology to assess pan-European pesticide exposure. *Water Research*, 2017, 121, p. 270–279. DOI: 10.1016/j.watres.2017.05.044. ISSN 00431354. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135417304086>

[23] GONZÁLEZ-MARIÑO, I., RODIL, R., BARRIO, I., CELA, R., and QUINTANA, J.B. Wastewater-Based Epidemiology as a New Tool for Estimating Population Exposure to Phthalate Plasticizers. *Environmental Science*, 2017, vol. 51, No. 7, p. 3902–3910. DOI: 10.1021/acs.est.6b05612. ISSN 0013-936X. Dostupné také z: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b05612>

[24] GRACIA-LOR, E., CASTIGLIONI, S., BADE, R., et al. Measuring biomarkers in wastewater as a new source of epidemiological information: Current state and future perspectives. *Environment International*, 2017, 99, p. 131–150. DOI: 10.1016/j.envint.2016.12.016. ISSN 01604120. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412016306936>

Autor

Ing. Věra Očenášková

✉ vera.ocenaskova@vuv.cz

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

Príspevek prošel lektorským řízením.

MUNICIPAL WASTEWATER AS A DIAGNOSTIC MEDIUM

OCENASKOVA, V.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: wastewater-based epidemiology — wastewater — alcohol — illicit drugs — pharmaceuticals — nicotine — phthalats — pesticide residues — biomarkers

The paper outlines the possibilities of using the epidemiological approach to the analysis of municipal wastewater to monitor the lifestyle of the population, its dietary habits, the environmental impacts on humans, the assessment of the state of health of the population and monitoring the consumption of illicit drugs and other substances in the monitored population. It aims to draw attention to the need to devote more to this scientific field also in the Czech Republic.



Vývoj podzemního odtoku z části Českomoravské vrchoviny

RADEK CHMELÁŘ

Klíčová slova: podzemní voda — podzemní odtok — doplňování podzemních vod — Českomoravská vrchovina

SOUHRN

Článek se zabývá vývojem podzemního odtoku z části Českomoravské vrchoviny. Jedná se o téma aktuální a vzhledem k současné situaci také často diskutované. Problematika podzemních vod a jejich doplňování je zásadním (nejen) hydrogeologickým problémem, jelikož nepříznivé klimatické podmínky v posledních letech, a to zejména nízké srážkové úhrny, mají negativní vliv na doplňování podzemních vod a dochází ke snižování jejich hladin. Aby mohl být tento stav i vývoj exaktně posouzen, byly vypočteny hodnoty podzemního odtoku a doplňování podzemních vod v letech 2006–2015 z vybrané části Českomoravské vrchoviny v blízkosti Nového Města na Moravě. Jelikož v této konkrétní oblasti nebyly provedeny téměř žádné výzkumy tohoto charakteru, výsledky bude možné použít i pro případné další výzkumy. Získaná data taktéž pomohou přiblížit stav a vývoj doplňování podzemních vod v těchto letech pro zájmovou oblast. Výsledné hodnoty umožnily především zjistit trend a vývoj podzemního odtoku v dané oblasti a získat hodnoty, které umožní porovnání s jinými oblastmi. Výpočty byly uskutečněny aplikací Mailletovy rovnice a hydrogeologického programu PART na data získaná od ČHMÚ (denní průtoky v toku a týdenní vydatnosti pramene v letech 2006–2015). Stručně bylo nutné také popsat geomorfologii, klimatické podmínky, geologii a hydrologii zájmové oblasti (obr. 1).



Obr. 1. Přibližné vymezení zájmové oblasti (zdroj: Česká geologická služba, mapová aplikace: geovědní mapa 1 : 500 000, dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr500/>, upraveno)

Fig. 1. Approximate location of interest area

ÚVOD

Článek je zaměřen na problematiku podzemních vod a doplňování jejich zásob. Jedná se o často řešené téma, jelikož nepříznivé klimatické podmínky, které panují v posledních letech, a to především nízké srážkové úhrny, zvyšující se teploty a z toho plynoucí sucho, mají nepříznivý vliv na doplňování zásob podzemních vod. Klimatické změny ve střední Evropě jsou charakteristické obdobími sucha v letních měsících, v zimních měsících dochází k redukci srážek a dočasné akumulaci vody ve formě sněhu [1]. Hladiny podzemních vod se neustále snižují. Pro analýzu vývoje podzemního odtoku v této oblasti byla použita data o denních průtocích na řece Fryšávce a data o týdenních vydatnostech pramene PB0286 Ski I, Nové Město na Moravě, zájmová oblast se nachází v jiho-východním okraji CHKO Žďárské vrchy. Geograficky náleží obě povodí geomorfologickému okrsku Pohledeckoskalská vrchovina, podcelku Žďárské vrchy, celku Hornosvratecká vrchovina. Povodí pramene PB0286 se nachází v nadmořské výšce zhruba 635–650 m n. m., cca 2 km severně od centra Nového Města na Moravě a přibližně 300 m od hlavní části Vysočina Arény. Pramen Fryšávky vyvěrá na povrch v nadmořské výšce cca 750 m n. m., zhruba 1,5 km severozápadně od obce Tři Studně, jeho tok pak pokračuje do nižších nadmořských výšek a končí zhruba v 500 m n. m. v obci Jimramov. Měřicí bod průtoku se nachází zhruba na pátém kilometru toku, jedná se o stanici Kado-Fryšava (výpočty byly uskutečněny jen pro část povodí po tuto stanici ČHMÚ). Tyto dva měřicí body (obr. 2) jsou od sebe vzdáleny zhruba 5 km. Výsledné hodnoty podzemního odtoku získané pro tyto povodí byly využity k analýze a posouzení vývoje doplňování podzemních vod v této oblasti.

V tomto článku se taktéž vyskytuje termín efektivní infiltrace, který lze považovat za synonymum podzemního odtoku, avšak jen v případě, kdy v povodí nedochází k výrazným, především antropogenním, odběrům či přírůstkům vod. Termín efektivní infiltrace tedy nelze použít u pramene PB0286, jelikož v jeho povodí dochází v zimních měsících k zasněžení, což je způsobeno polohou povodí v JV části Vysočina Arény (vlastníkům byla dokonce uložena pokuta za nadměrné čerpání vod pro zasněžování z blízkého Cihelského potoka). Geologicky se obě povodí nachází velmi blízko rozhraní mezi strážeckým moldanubikem a svrateckým krystalinikem, jedná se tedy o puklinové prostředí, kde jsou infiltrace a proudění podzemních vod vázány na pukliny, trhliny a zlomy. Proudění mělkých podzemních vod je v tomto prostředí vázáno jen na málo vyvinutý kvartérní pokryv, hlubší oběh pak na puklinovou propustnost horninového masívu [2]. Pro obě oblasti jsou charakteristické katazonálně až ultrametamorfované horniny, především pararuly, ortoruly, migmatitizované ortotuly až migmatity. V oblasti povodí pramene se jedná především o ortoruly až migmatity reprezentující gfohlskou skupinu moldanubika. Místy se zde nachází i biotitické migmatity (tzv. arterity). Jednotka strážeckého moldanubika je rozdělena na dvě dílčí části křídelským zlomem, probíhajícím zhruba v linii



Obr. 2. Poloha měřicích bodů ČHMÚ (zdroj: Česká geologická služba, mapová aplikace: geovědní mapa 1 : 500 000, dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr500/>, upraveno)
Fig. 2. Location of measuring points of CHMI

Bystřice n. P. – Nové Město na Mor. – Poříčí. Zkoumanou částí povodí Fryšávky se táhne menší zlom kadoňský, který má směr SZ-JV [3]. Tyto především příčné zlomy jsou velmi důležité, protože umožňují poměrně rychlou infiltraci vody do horninového prostředí. Podzemní voda může díky těmto dislokacím proudit na vzdálenost až několika kilometrů [4].

METODIKA

Podzemní odtok (někdy nazývaný jako základní) představuje tu část vod, která se infiltrovala do pásma nasycení, ze kterého následně odtéká do určitého profilu povrchových vod. K vyhodnocení podzemního odtoku u pramene PB0286 byla použita Mailletova rovnice [5]. Pro výpočet bylo nutné znát plochu povodí pramene a hodnoty vydatnosti pramene. Stanovení přesné plochy drenážní oblasti pro pramen PB0286 bylo obtížnější, zejména kvůli její malé ploše. Po detailním prozkoumání oblasti byla plocha stanovena na zhruba 0,015 km². Tento pramen je monitorován ČHMÚ jednou za týden za pomoci trojúhelníkového měrného přelivu. Hodnoty vydatnosti jsou udávány v l/s. Výpočet podzemního odtoku pro povodí Fryšávky byl uskutečněn ve specializovaném hydrogeologickém programu PART, který vypočítává hodnoty podzemního odtoku díky hodnotám průtoků a velikosti drenážní oblasti zkoumané části toku. Použita byla data o denních průtocích ve vodoměrné stanici Kadoň-Fryšava spadající pod ČHMÚ. Zkoumaná část povodí Fryšávky má plochu o velikosti 20, 93 km². Použita byla data za roky 2006–2015.

Nejprve bylo nutné získat hodnoty průtoků ze zkoumané části toku Fryšávky a hodnoty vydatnosti pramene PB0286. Tato data byla zakoupena od ČHMÚ, který poskytl denní hodnoty pro Fryšávku (v m³/s) a týdenní hodnoty pro pramen PB0286 (v l/s). Hodnoty bylo následně nutné upravit do správné podoby v textovém editoru, jelikož program PART pracuje jen s přesně upravenými a správně převedenými daty. U hodnot průtoků bylo nutné hodnoty převést do jednotek, které se používají v USA, jelikož použitý program byl vytvořen americkými hydrogeology. Po vložení dat do příkazového řádku programu podle návodu poskytl program PART výsledky ve čtyřech různých podobách v textovém dokumentu, a to výsledky denní, měsíční (obr. 3), čtvrtletní a roční. Hodnoty byly následně zpracovány do přehledných grafů. Ještě předtím však bylo opět nutné převést hodnoty zpět do naší metrické soustavy.

partmon - Notepad

File Edit Format View Help

THIS IS FILE PARTMON.TXT FOR INPUT FILE: Frysavka.txt

PROGRAM VERSION DATE = JANUARY 2007

MONTHLY STREAMFLOW (INCHES):

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	YEAR
2006	0.41	0.42	3.29	7.37	2.27	0.75	0.51	1.72	0.86	1.85	1.31	0.93	21.69
2007	1.22	1.55	2.71	0.86	0.67	0.74	0.54	0.29	1.56	1.35	1.28	1.57	14.34
2008	1.85	1.06	2.18	1.20	0.69	0.54	0.52	0.70	0.66	1.10	0.64	0.94	12.08
2009	0.62	0.62	1.85	2.63	0.93	1.59	1.73	0.78	1.06	1.53	0.85	0.91	15.11
2010	1.29	1.02	2.81	2.45	1.43	1.73	0.74	1.13	2.95	0.85	0.50	1.24	18.16
2011	2.24	1.49	1.51	1.05	0.76	0.68	0.83	0.62	1.08	1.61	0.56	23.50	35.93
2012	1.16	0.91	3.61	1.25	0.53	0.54	0.62	0.43	0.41	1.78	0.53	21.29	33.06
2013	1.37	1.21	1.70	2.13	1.31	2.42	0.45	0.21	1.11	1.72	0.47	26.54	40.64
2014	0.64	0.55	0.78	0.70	1.19	0.54	0.11	0.55	1.20	1.47	0.54	31.52	39.78
2015	2.83	1.89	2.30	1.49	0.71	0.38	0.28	0.37	0.22	1.67	0.91	24.33	37.37

TOTAL OF MONTHLY AMOUNTS = 268.147614

MONTHLY BASE FLOW (INCHES):

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	YEAR
2006	0.41	0.40	1.25	5.92	1.68	0.71	0.49	0.97	0.72	1.47	0.89	0.79	15.70
2007	1.04	1.39	2.48	0.85	0.62	0.66	0.43	0.23	0.96	1.11	0.89	1.20	11.86
2008	1.35	1.01	1.58	1.13	0.62	0.36	0.33	0.38	0.58	0.71	0.52	0.70	9.26
2009	0.61	0.50	1.31	2.57	0.81	0.93	1.31	0.65	0.72	1.05	0.74	0.75	11.96
2010	1.23	0.96	2.45	2.36	1.13	1.38	0.62	0.73	1.94	0.74	0.41	0.74	14.70
2011	1.00	1.32	1.24	0.95	0.68	0.58	0.57	0.58	0.76	1.36	0.55	0.00	10.38
2012	0.96	0.78	3.18	1.23	0.49	0.47	0.46	0.39	0.38	1.47	0.48	0.00	10.30
2013	0.89	1.01	1.48	1.83	1.07	1.67	0.39	0.14	0.83	1.48	0.42	0.00	11.21
2014	0.57	0.51	0.61	0.66	0.89	0.51	0.07	0.30	0.86	1.16	0.46	0.00	6.60
2015	2.33	1.86	2.13	1.35	0.63	0.37	0.28	0.23	0.19	1.11	0.57	0.00	11.05

TOTAL OF MONTHLY AMOUNTS = 113.010971

Obr. 3. Ukázka výstupu z programu PART, měsíční hodnoty podzemního odtoku pro Fryšávku

Fig. 3. Output from PART, monthly values

Výpočty pro pramen PB0286 byly méně složité, nebylo nutné převádět jednotky, jelikož výpočty byly uskutečněny v programu vytvořeném v Excelu, který navíc vytvořil grafy vývoje výsledných hodnot. Tento program využívá Mailletovu rovnici [5].

Metoda získávající hodnoty podzemního odtoku na základě průtokového hydrografu, tedy záznamu průtoku v toku za určité období, by měla být ve většině případů použita pro dlouhou dobu záznamu (rok nebo více), aby byl získán přesný odhad průměrného odtoku podzemní vody. V případě, že je doba analýzy dostatečně dlouhá, aby bylo možné zanedbat efekt na vodní bilanci ve změnách zásob, podzemní odtok se dá považovat za efektivní infiltraci. Ve většině případů se dá tato metoda rozdělit na dva základní kroky: 1. stanovení období zanedbatelného povrchového odtoku a určení podmínky, kdy doplňování podzemní vody je rovno průtoku v toku, a 2. interpolace doplňování podzemních vod ve dnech mezi těmito obdobími. Pro dané dny je požadavek předcházející recese splněn, pokud recese byla kontinuální po dobu N dní nebo více předcházejících dní [6] (tuto metodu využívá i program PART).

PROGRAM PART

Jedná se o automatizovaný počítačový program, který byl vytvořen na základě modelu vyvinutého Rorabaughem [7]. Je založen na předchozí recesi průtokových hodnot, tedy na snižování průtoku po srážkové události. Program využívá rozdělení průtoku pro odhad denního záznamu podzemního odtoku. Zachycuje období záznamu pro dny, které odpovídají požadavkům předchozí recese, infiltrace podzemní vody je v těchto dnech rovna průtoku. Poté se lineárně interpoluje odtok podzemních vod ve dnech, které neodpovídají požadavkům na předchozí recesi [7]. Program PART je určen pro analýzu systému proudění podzemní vody, který je charakterizován doplňováním difuzního prostoru na vodní plochu a odtokem podzemní vody do proudu. Metoda je vhodná, pokud se celá část nebo většina podzemní vody v povodí dostává do toku. Počítá s tím, že podzemní odtok můžeme brát jako průtok v toku po určitém čase od srážkové události [8] podle následující rovnice:

$$N = A^{0.2} \quad (1)$$

kde N je počet dnů od srážkové události,
 A plocha povodí (ve čtverečních míľích).

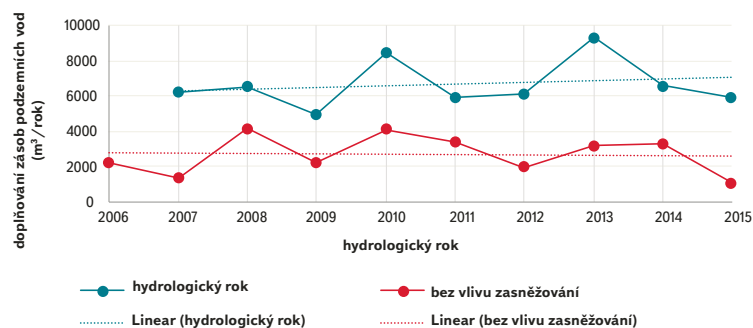
MAILLETOVA ROVNICE

Slouží k výpočtu podzemního odtoku z hodnot vydatností pramene (popř. toku), navazuje na rovnici Boussinesqua [9] a vypadá takto:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{(-\alpha t)} \quad (2)$$

kde Q_t je vydatnost při období vyprazdňování (recese) vody v čase t ,
 Q_0 vydatnost v čase $t = 0$,
 α recesní koeficient.

Tato rovnice je charakterizována exponenciálním tvarem, který počítá s lineárním vztahem mezi hladinou podzemních vod a průtokem. Nejprve je však nutné vypočítat recesní koeficient alfa, který vyjadřuje sklon hodnot recese, a k jeho výpočtu může být použita tato rovnice [6]:



Obr. 4. Vývoj doplňování podzemních vod v letech 2005–2016

Fig. 4. Evolution of groundwater recharge in years 2005–2016

$$\alpha = \frac{\ln Q_0 - \ln Q}{t} \quad (3)$$

kde $\ln Q_0$ je přirozený logaritmus maxima odtoku za srážkovou událost,
 $\ln Q$ následné recesní minimum,
 t časové období srážkové události.

Recesní koeficient je poté dosazen do rovnice [10], na základě které je možné vypočítat efektivní infiltraci a objem vody ve zvodni:

$$V = \frac{Q}{\alpha} \quad (4)$$

kde V je dynamická zásoba,
 Q změna v zásobách podzemní vody,
 α recesní koeficient.

Celková efektivní infiltrace se vypočítá jako součet změn zásob během dvou srážkových událostí a objemem podzemní vody, který je při této události drénovaným pramenem.

VÝSLEDKY

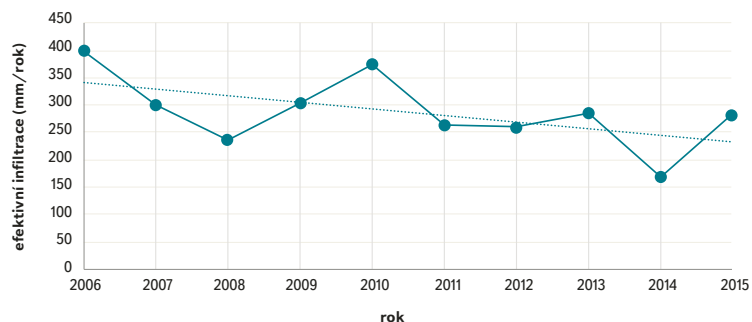
Povodí pramene PB0286

Průměrné denní hodnoty podzemního odtoku za roky 2006–2015 jsou v rozmezí od 0,035 mm/den po 4,02 mm/den, což jsou poměrně vysoké hodnoty. Navíc tyto hodnoty vykazovaly vzestupnou tendenci, která je v současné době v této oblasti nepravděpodobná. Výsledné hodnoty potvrdily správnost předpokladu vlivu umělého zasněžování, vývoj trendu v průběhu let vykazuje mírně sestupnou tendenci. Hodnoty doplňování podzemních vod v letech 2006 až 2015 (obr. 4) se pohybují zhruba od 1 000 m³/rok do 4 000 m³/rok.

Povodí Fryšávky

Získané hodnoty ročního podzemního odtoku (efektivní infiltrace) vypočtené pro část povodí Fryšávky v letech 2006–2015 (obr. 5) vykazují zřetelnou sestupnou tendenci. Průměrné roční hodnoty efektivní infiltrace se nacházejí v rozmezí od 167,64 mm/rok do 398,78 mm/rok. V roce 2014 byla naměřena nejnížší





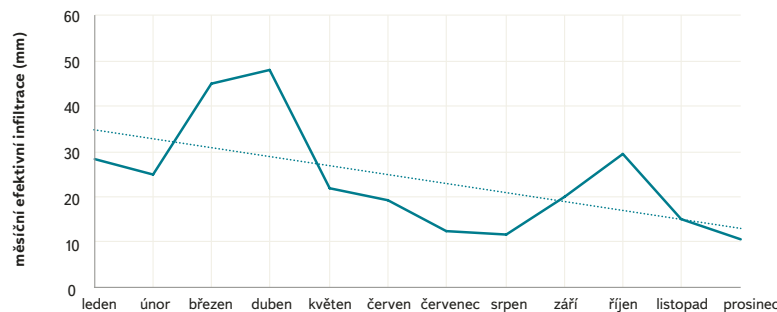
Obr. 5. Vývoj efektivní infiltrace v letech 2006–2015 (hodnoty získané z programu PART)
Fig. 5. Evolution of effective infiltration in years 2006–2015 (values obtained from program PART)

hodnota, naopak v roce 2006 nejvyšší. Hodnoty podzemního odtoku se tedy od roku 2006 do roku 2015 snížily, a to o 31,43 %. Průměrné měsíční hodnoty efektivní infiltrace (obr. 6) kolísají od nejnižších v prosinci (10,72 mm/měsíc) po nejvyšší v dubnu (47,88 mm/měsíc). Vysoké hodnoty v dubnu jsou způsobeny táním sněhu a jarními srážkami, naopak nízké hodnoty v srpnu nízkou precipitací a suchem. Trend vývoje průměrných hodnot je v průběhu roku také sestupný.

Pro povodí Fryšávky bylo dále vypočteno procento srážek, které tvořilo podzemní odtok. Výsledné hodnoty však dosahovaly až 55 %. Takto vysoké procentuální zastoupení srážek v podzemním odtoku je nepravděpodobné. Pro tento výpočet byla použita data o srážkových úhrnech pro kraj Vysočina, jehož průměrná nadmořská výška je okolo 400–500 m n. m. Výsledná procenta mohou být tedy pouze orientační, jelikož nejvyšší část povodí Fryšávky dosahuje až 750 m n. m. Je totiž nutné vzít v úvahu tzv. srážkový gradient [4], který předpokládá, že s nárůstem nadmořské výšky o 100 m se srážkové úhrny zvyšují zhruba o 40–60 mm.

DISKUSE

U povodí pramene PB0286, Ski I, Nové Město na Moravě bylo zjištěno, že v části povodí docházelo v letech 2005–2016 k zasněžování. Přesné určení zasněžované části povodí však není možné, stejně také stanovení přesného množství uměle dodané vody na toto povodí. Bylo tedy využito předpokladu, že trend by měl vyjít sestupný kvůli výslednému poklesovému trendu pro povodí Fryšávky, popisující vývoj podzemního odtoku v této oblasti. Přesné hodnoty doplňování podzemních vod v průběhu celého roku (tedy pravděpodobně s vlivem umělého zasněžování) pro povodí pramene PB0286 jsou tedy pouze orientační a dokazují, že i přes poměrně nepatrné antropogenní zásahy do režimu podzemních vod mohou vyvolat někdy více zřetelné změny. Důležité je také zmínit, že výsledné hodnoty u zkoumaných povodí jsou v porovnání s jinými povodími velmi vysoké. Například hodnoty roční efektivní infiltrace za roky 1995–2005 zjištěné Kuchovským a Říčkou [2] u povodí řek Nedvědičky a Loučky v ložiskové oblasti Rožná (nacházející se zhruba 20 km od Nového Města na Moravě) se u obou povodí pohybují v rozmezí zhruba od 88 mm/rok do 260 mm/rok. Průměrné roční hodnoty efektivní infiltrace pro Fryšávku se nacházejí v rozmezí od 167,64 mm/rok do 398,78 mm/rok. Hodnoty jsou tedy zřetelně vyšší. Zajímavé však je, že plocha zkoumaného povodí Nedvědičky je téměř třikrát větší (56,8 km²) a plocha zkoumaného povodí Loučky je dokonce zhruba desetkrát větší (222 km²). Lze tedy pozorovat opravdu výrazný rozdíl v hodnotách roční efektivní infiltrace, i přesto, že se ložisková oblast Rožná nachází nedaleko od zkoumané zájmové oblasti v podobných horninových podmínkách. Tyto vysoké hodnoty u povodí Fryšávky lze přičíst vyšší nadmořské výšce a velmi dobré retenci vod v této oblasti způsobené zejména tím, že na většině území



Obr. 6. Vývoj průměrné měsíční efektivní infiltrace (hodnoty získané v programu PART)
Fig. 6. Evolution of average month values of effective infiltration (values obtained from program PART)

jsou především lesy (více než 50 %), dále pak traviny, orná půda, louky a pastviny [11]. Negativní antropogenní vlivy na retenci vod jsou v této oblasti minimální. U pramene PB0286 nebylo možné vypočítat hodnoty efektivní infiltrace kvůli vlivu zasněžování, už z hodnot vydatností lze však odvodit, že pramen je i přes velmi malou plochu povodí velmi silný. Průměrné hodnoty průtoků jsou shodné s některými prameny, které mají desetkrát větší povodí. Příčina těchto vysokých hodnot je opět ve velmi dobré retenci krajiny v povodí a vyšší topografické poloze.

ZÁVĚR

Cílem tohoto výzkumu bylo zhodnotit vývoj podzemního odtoku v letech 2006–2015. Tento cíl se i přes mírné komplikace (zejména u zkoumaného pramene) podařilo naplnit. U Fryšávky proběhlo zhodnocení bez větších problémů, jelikož v povodí tohoto toku nedocházelo k žádným zásadním antropogenním či jiným vlivům, které by ovlivnily výsledné hodnoty. U pramene PB0286 bylo zhodnocení ztíženo vlivem umělého zasněžování části jeho povodí. Vývoj hodnot podzemního odtoku z části Českomoravské vrchoviny vykazuje sestupnou tendenci, která je v případě Fryšávky patrnější než u pramene PB0286. Tento nepříznivý vývoj je způsoben zejména snižujícími se srážkovými úhrny. Tato klimatická situace má samozřejmě negativní dopad na doplňování podzemních vod i v poměrně výrazně příznivých podmínkách s vyšší nadmořskou výškou a velmi dobrou retencí, kterými disponuje oblast CHKO – Žďárské vrchy.

Literatura

- [1] HRKAL, Z., MILICKÝ, M., and TESAŘ, M. Climate change in Central Europe and the sensitivity of the hard rock aquifer in the Bohemian Massif to decline of recharge: case study from the Bohemian Massif. *Environmental Earth Sciences*, 2009, vol. 59, No. 3, p. 703–713. ISSN 1866-6280.
- [2] ŘÍČKA, A. a KUCHOVSKÝ, T. Určení efektivní infiltrace a její prostorová a časová proměnlivost v ložiskové oblasti Rožná, Česká republika. In: *10. Česko-Slovenský mezinárodní hydrogeologický kongres, Voda – strategická surovina pro 21. století. Sborník*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, s. 217–220. ISBN 978-80-248-2026-2.
- [3] MÍSAŘ, Z. a kol. *Geologie ČSSR I, Český masiv*. SPN Praha, 1983.
- [4] KRÍŽ, H. *Hydrologie podzemních vod*. Praha: Academia, 1983.
- [5] MAILLET, E. *Essais d'hydraulique souterraine et fluviale*. Librairie Sci. Paris: A Hermann, 1905, 218 p.
- [6] RUTLEDGE, A.T. *Computer programs for describing the recession of ground-water discharge and for estimating mean ground-water recharge and discharge from streamflow data – update*. Virginia: U.S. Geological Survey, 1998, 43 p.
- [7] RORABAUGH, M.I. Estimating changes in bank storage and ground-water contribution to streamflow. *International Association of Scientific Hydrology*, 1964, No. 63, p. 432–441.
- [8] LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A., and PAULHUS, J.L.H. *Hydrology for engineers*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1982. ISBN 1-566-706-106.
- [9] BOUSSINESQ, J. Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources. *J. Math. Pure Appl.*, 1904, No. 10, p. 5–78.
- [10] MIJATOVIC, B. *A method of studying the hydrodynamic regime of karst aquifers by analysis of the discharge curve and level fluctuation during recessio*. Beograd: Institute for Geological and Geophysical research, 1970.
- [11] MAŠÍČEK, T. *Retenční potenciál povodí řeky Fryšávky*. Disertační práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Ústav aplikované krajinné ekologie, 2010.

Autor

Radek Chmelář

✉ radek.chmelar@post.cz

Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita

Příspěvek prošel lektorským řízením.

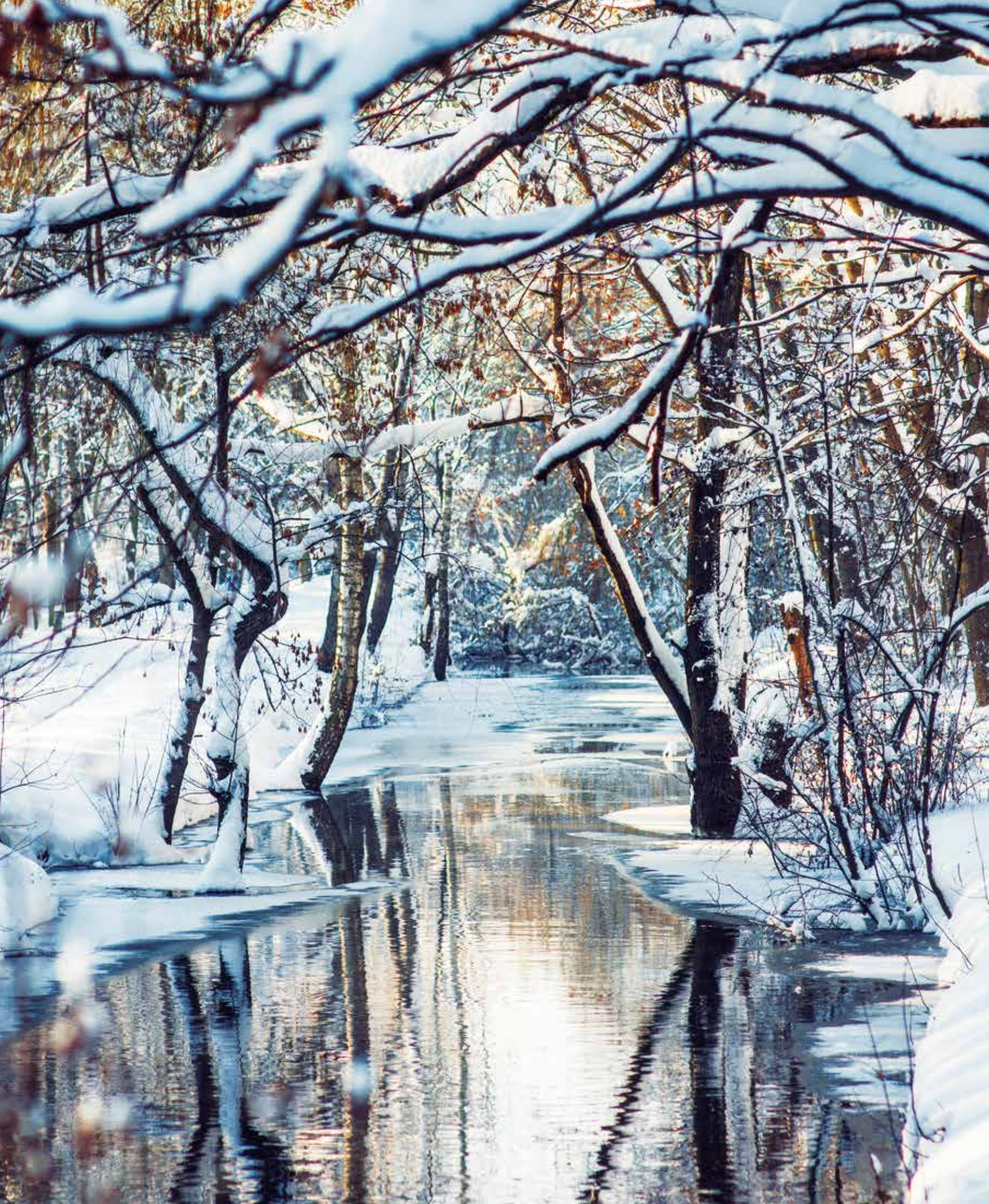
BASEFLOW EVOLUTION FROM THE PART OF BOHEMIAN-MORAVIAN HIGHLANDS

CHMELAR, R.

Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University

Keywords: groundwater – baseflow – groundwater recharge – Bohemian-Moravian Highlands

This article is focused on evolution of baseflow from part of the Bohemian-Moravian Highlands. This is a topical issue and, given the current situation, is also often discussed. The problem of groundwater and its recharge is an important (not only) hydrogeological problem, as climatic conditions in recent years, especially low precipitation, have a negative impact on groundwater recharge. In order to analyze this situation and evolution, the values of groundwater recharge and baseflow were calculated from part of the Bohemian-Moravian Highlands near town Nové Město na Moravě for years 2006–2015. The catchment areas of the Fryšava River and the spring PB0286 were investigated in this thesis. Calculation of baseflow and groundwater recharge values for these different catchment areas was carried out by applying the Maillet equation and the hydrogeological program PART at the data obtained from the CHMI. Also, it was necessary to briefly describe geology, geomorphology, climatic conditions, and hydrology of the area of interest.



Autoři VTEI

Radek Chmelař

Masarykova univerzita

✉ radek.chmelař@post.cz
www.muni.cz



Radek Chmelař je studentem kombinované formy bakalářského studia geologie na Ústavu geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně. Zaměřuje se především na hydrogeologii a na problematiku související s tímto geologickým odvětvím. Více se zajímá také o poznávání minerálů a hornin a inženýrskou geologii. V navazujícím magisterském studiu se plánuje více zaměřit zejména na vrty pro vodu a pro tepelná čerpadla.

Ing. Petr Kavka, Ph.D.

ČVUT v Praze

✉ petr.kavka@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Petr Kavka, Ph.D., se stal zaměstnancem Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulty stavební, ČVUT v Praze v roce 2009 po ukončení doktorského studia na stejnojmenné katedře. V letech 2007 až 2008 se zúčastnil jako civilní expert Ministerstva zahraničí mise Provinčního rekonstrukčního týmu v Afghánské provincii Lógar. V současnosti se nejvíce zabývá výzkumem povrchových procesů z extrémních srážkových událostí s orientací na optimalizaci opatření v ploše povodí jednak v rámci experimentálního výzkumu především pomocí dešťových simulací, dále pak matematickým modelováním těchto procesů se zacílením na aplikaci pro inženýrskou praxi.

Ing. Martin Landa, Ph.D.

ČVUT v Praze

✉ martin.landa@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Martin Landa, Ph.D., od roku 2008 pracuje jako odborný asistent na Katedře mapování a kartografie (nyní Katedře geomatiky) Fakulty stavební, ČVUT v Praze. V říjnu 2012 na ČVUT v Praze založil laboratoř Open Source Geospatial Research and Education Laboratory (nyní GeoForAll Laboratory). Tato laboratoř je součástí celosvětové sítě OSGeo laboratoří. V září 2013 obdržel titul Ph.D. v oboru Geodézie a kartografie na Katedře mapování a kartografie ČVUT v Praze. Spolupracuje na vědeckých grantech a projektech s přesahem do geoinformatiky. Jako nezávislý vývojář svobodného softwaru a open source přispívá do řady mezinárodních softwarových projektů, jako je GRASS GIS, QGIS, PostGIS nebo GDAL. Od roku 2012 je členem Project Steering Committee projektu GRASS GIS.

Ing. Věra Očenášková

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ vera.ocenaskova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Věra Očenášková je dlouholetým zaměstnancem Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. Absolvovala Vysokou školu chemicko-technologickou v Praze, Fakultu potravinářských a biochemických technologií. Pracuje v hydrochemické laboratoři odboru Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů, jehož vedoucí byla v letech 2008–2013. Dlouhodobě spolupracovala s mezinárodní asociací NORMAN a zastupovala Českou republiku v pracovní skupině CMPE (Chemical Monitoring and Emerging Pollutants) spadající pod Common Implementation Strategy WFD. Věnuje se především sledování kontaminantů životního prostředí, zejména složek hydrosféry. Je řešitelkou několika projektů a autorkou řady publikací. V posledních letech se zabývá problematikou epidemiologického přístupu k odpadním vodám.

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.

ČVUT v Praze

✉ ludek.strouhal@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Luděk Strouhal, Ph.D., vystudoval magisterský a doktorský program Inženýrství životního prostředí na Fakultě stavební ČVUT v Praze, doktorskou práci obhájil v roce 2017. V rámci doktorského studia působil šest měsíců na švýcarské Univerzitě Curych. Od roku 2017 je zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i. Na ČVUT působí nadále jako vědecký pracovník a spoluřešitel řady projektů a jako externí vyučující. Specializuje se na modelování hydrologie a erozních jevů v malém povodí a experimentální činnost. Podílí se na řešení projektů Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině, Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v ČR, Voda pro Prahu aj.

Rozhovor s Mgr. Lukášem Zárubou ředitelem odboru ochrany vod na Ministerstvu životního prostředí

Jste již několik měsíců ředitelem odboru ochrany vod. Jaké jsou Vaše priority v činnosti tohoto odboru, který spoluvytváří politiku státu v oblasti vod?

Zaměřím-li se na priority spíše dlouhodobého charakteru, pak jednou z oblastí, do které bych rád směřoval své úsilí, je metodické působení směrem k vodoprávním úřadům, osobám odborně způsobilým k provádění některých činností podle vodního zákona a dalším zainteresovaným subjektům. Ministerstvo stojí na vrcholu hierarchie veřejné správy v dané oblasti, a tudíž mu přísluší metodické usměrňování podřízených úřadů. V této roli je pozice odboru ochrany vod nezastupitelná. Výkon agendy na nižších stupních hierarchie závisí nejen na odbornosti pracovníků těchto úřadů, ale také na kvalitě a intenzitě jejich podpory z úrovně ministerské. To platí tím spíše, když v dané oblasti uplatňují své kompetence jak Ministerstvo životního prostředí, tak i Ministerstvo zemědělství, a vodoprávní úřady jsou tak metodicky vedeny dvěma rezorty. Proto je velmi důležité, a to platí nejen pro oblast metodického vedení, aby mezi oběma rezorty fungovala dobrá komunikace a aby mezi sebou koordinovaly své činnosti.

Stojím také o aktivní účast a vystupování České republiky na jednáních vodních ředitelů. Zdaleka ne vždy platí, že Brusel, resp. Evropská komise je zdrojem pouze neužitečných nápadů. Naopak, jednání v Bruselu jsem vždy vnímal jako příležitost k výměně zkušeností se zástupci ostatních členských států a také jako platformu pro ovlivňování politiky a pravidel nastavovaných Evropskou komisí. Hodlám prosazovat aktivní zapojení České republiky do procesu revize Rámcové směrnice vodní politiky na evropské úrovni plánované k roku 2019. Diskuse o možných podobách změny tohoto klíčového nástroje evropského práva v oblasti vodní politiky byla již započata, např. na úrovni Visegrádské čtyřky či v rámci nizozemského předsednictví v roce 2016.

Hovoříme-li o rámcové směrnici, nelze nezmínit dlouhodobý cíl dosažení dobrého stavu vod. Domnívám se, že správnou cestou k dosažení tohoto stavu vod je zodpovědné plánování v oblasti vod a navrhování realistických a efektivních opatření. Současně by mělo docházet k průběžnému posilování povědomí uživatelů vody a veřejnosti o významu a důležitosti celého procesu plánování v oblasti vod.

V oblasti kvality vod je potřeba pokračovat ve snižování znečištění vypouštěného do vod z bodových zdrojů. To se týká vypouštění komunálních odpadních vod, kde se jedná především o znečištění nutrieny (dusík a zejména fosfor), které způsobují eutrofizaci, a vypouštění nečistěných odpadních vod, ať již z volných výustí, nebo z odlehčovacích komor jednotné kanalizace. Bavíme se zejména o úpravě právních předpisů tak, aby docházelo k plnému využívání stávajících technologií na ČOV a jejich postupné modernizaci za účelem dosažení vyšší účinnosti čištění.

V oblasti průmyslových odpadních vod jde o eliminaci vypouštění látek, které jsou zahrnuty v hodnocení chemického stavu povrchových vod, a to jak opatřeními ve výrobě, tak efektivnějším čištěním odpadních vod.

Dlouho otevřenou otázkou je nastavení správné výše poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, aby skutečně plnily regulační funkci a ekonomicky motivovaly znečišťovatele k omezení vypouštěného znečištění i množství vypouštěných odpadních vod. Stejně tak je nutné znovu zahájit diskusi o výši poplatků za odběr podzemních vod. Stávající rozdíl mezi poplatkem za odběr povrchových a podzemních vod, kdy cennější a kvalitnější

podzemní voda je dnes zpoplatněna pouhou třetinou poplatku za povrchovou vodu, považují za dlouhodobě neudržitelný.

Pokud jsme mluvili o bodových zdrojích znečištění, je třeba si zároveň uvědomit, že značná část znečištění vod pochází z plošných zdrojů, kompetence a možnosti Ministerstva životního prostředí řešit tuto problematiku jsou nicméně v současné době značně omezené.

Dříve jste působil v oblasti posuzování vlivů na životní prostředí. Jakou vidíte úlohu EIA/SEA ve vodním hospodářství? A jak lze propojit proces EIA/SEA např. s hodnocením stavu vod podle Rámcové směrnice vodní politiky a návrhy opatření na úrovni plánů povodí? Lze využít nějakých synergií obou procesů hodnocení?

Troufám si považovat za svou výhodu, že mám osobní zkušenosti s posuzováním vlivů na životní prostředí, protože procesy SEA/EIA a vodní hospodářství jsou vzájemně provázané, přičemž styčných bodů je hned několik. Díky předchozí zkušenosti s problematikou SEA/EIA vidím značný potenciál pro zlepšení, resp. zefektivnění těchto vazeb.

Jednak je tu rovina plánování, kde je právními předpisy jasně stanovena povinnost podrobovat plány povodí, tedy aktuálně hlavní strategické dokumenty v plánování v oblasti vod, procesu strategického posuzování vlivů na životní prostředí (SEA). Myslím si, že právě tento krok skýtá velký a dosud nevyužitý potenciál. Obecně mám bohužel pocit, že k SEA je často přistupováno velmi formálně – tedy jako k nutnému byrokratickému konceptu, který je sice ze zákona nevyhnutelný, ale od kterého nelze očekávat žádné praktické a smysluplné výsledky. Důvod, proč mnozí proces SEA neberou příliš vážně, vidím zejména v tom, že v praxi se často hodnotí velmi obecné koncepce. Přínos takového posuzování je pak skutečně velmi nízký a degraduje institut SEA jako takový, což je velká škoda, protože SEA je vynikající a prakticky jediný nástroj pro vyhodnocení sekundárních, synergických a kumulativních vlivů. U plánů povodí přitom není problémem přílišná obecnost – jsou v nich obsažena konkrétní opatření a zároveň jde o soubory opatření směřované do ucelených povodí jednoho vodního toku nebo do jednoho vodního útvaru, u kterých je vyhodnocení jejich synergických a kumulativních vlivů zcela zásadní. V časovém harmonogramu pro zpracování plánů povodí (a plánů pro zvládání povodňových rizik) byl nicméně pro zpracování SEA vyhrazen jen malý časový prostor v závěru šestiletého plánovacího cyklu, namísto toho, aby SEA a plány vznikaly souběžně, a SEA tak dávala zpětnou vazbu pro tvorbu plánů.

Rád bych upozornil na to, že též Evropská komise považuje strategické plánování v rámci uceleného povodí za naprosto klíčové, a to právě s ohledem na možnost posouzení kumulativních vlivů jednotlivých projektů. Široké zapojení veřejnosti do přípravy plánů nebo možnost včasné identifikace potenciálně problematických projektů jsou dalšími z výhod, které Evropská komise na použití SEA v procesu plánování v oblasti vod spatřuje.

A pak je zde druhá rovina, a to je zohlednění požadavků Rámcové směrnice vodní politiky v povolovacích procesech konkrétních záměrů, které je v současné době zajišťováno v rámci činnosti vodoprávních úřadů v součinnosti se správci povodí. Alternativou by mohlo být propojení s procesem EIA, které by po mém soudu přineslo řadu výhod. Integrace do procesu EIA by hodnocení vlivů podle Rámcové směrnice vodní politiky dala jasný a veřejnosti otevřený



Autor fotografie: ICPDR/Ouriel Morgensztern

procesní rámec. Rovněž by došlo ke sloučení kroků, jako je např. získávání dat a podkladů pro posuzování, navrhování v úvahu přicházejících variant či mitigačních opatření atd., které je dnes teoreticky nutné podstupovat samostatně v každém procesu, tedy mnohdy duplicitně.

Z toho, co jsem právě uvedl, je patrné, že považuji za smysluplné hledat model užšího fungování těchto dosud separátně vedených procedur. Abych byl ještě konkrétnější, mohu říct, že se netajím tím, že model možného propojení procesů EIA s hodnocením vlivů podle Rámcové směrnice vodní politiky hodlám rozpracovat do konkrétní podoby. A nejen to, bude-li na tomto řešení shoda v rámci příslušných rezortů i odborné veřejnosti, rád bych jej prosadil do praxe, což samozřejmě v první řadě znamená úpravu příslušných právních předpisů. Považoval bych za nerozumné nezkusit využít synergií těchto procesů, které se, jak správně upozorňujete, v mnohém prolínají.

Českou republiku v posledních letech postihlo sucho. I díky rozvinutému systému vodního hospodářství a kvalitním podkladům pro rozhodování vodoprávních úřadů zatím nedochází k situacím, že by byli významně omezováni spotřebitelé v užívání vody. S předpokládanými dopady klimatické změny však mohou suchá období přicházet čím dále tím častěji. V září byl spuštěn program Dešťovka. Jaké další aktivity plánuje Ministerstvo životního prostředí v boji proti suchu?

Českou republiku opravdu v posledních několika letech zasáhlo sucho. Jak všichni víme, zejména rok 2015 byl, co se týče množství srážek, kritický. Jako první krok v řešení této otázky jsme se snažili zmapovat dopady sucha z roku 2015 a na základě identifikovaných problémů jsme si stanovili základní priority,

kterým bychom se chtěli věnovat. Provedli jsme např. dotazníkové šetření mezi zaměstnanci vodoprávních úřadů, nechali jsme si zpracovat analýzy, hydrologické a vodohospodářské bilance a zároveň jsme si vyhodnotili různé dopadové zprávy, které byly v danou chvíli k dispozici. Výstupy některých z těchto dokumentů jsme zveřejnili v analytické části Konceptu ochrany před následky sucha pro území České republiky, kterou vláda České republiky schválila v létě 2017. Výsledky z námi financovaných výzkumů jsou postupně zveřejňovány na webové stránce www.suchovkrajine.cz. Podle dostupných dat a informací můžeme říct, že aktuálně proběhlé suché roky neměly významný vliv na plnění požadavků na odběry vody, přičemž výjimku tvoří snad jen zemědělská rostlinná výroba a některé obce závislé na lokálních zdrojích pitné vody.

Za významný problém bych označil chybějící systém operativního řízení během suché epizody a podklady zahrnující kvalitní prognózu, které by umožnily kompetentní rozhodování příslušných orgánů. Pro řešení tohoto problému připravujeme webovou aplikaci pro předpověď hydrologické situace „HAMR“. Aplikace je připravována ve spolupráci s VÚV TGM, ČHMÚ, CzechGlobe a ČZU a bude sloužit jako podklad pro rozhodování během sucha na jednotlivých úrovních řízení. Jedná se o propojení modelu vláhové bilance půdy SoilClim, modelu hydrologické bilance BILAN a modelu vodohospodářské soustavy WATERES pro jednotlivá povodí za účelem modelování pravděpodobného vývoje hydrologické situace na cca 8 týdnů.

Kromě operativního řízení a přípravy jednotlivých plánů se bude nutně věnovat i implementaci opatření definovaných v již zmíněné koncepci ochrany před následky sucha. Pozitivně hodnotím prodloužení mandátu meziresortní komise VODA-SUCHO, která by měla sloužit ke koordinaci prací mezi jednotlivými ministerstvy.

V každém případě platí, že problematika sucha je pro Českou republiku téma poměrně nové a odborná ani laická veřejnost není v řešení této otázky zatím jednotná. Jde totiž o velice komplexní fenomén, který se dotýká prakticky všech sektorů. Nelze tedy očekávat, že se nám podaří vypořádat se s tímto problémem během jednoho roku.

Inspiraci je třeba hledat i mimo hranice České republiky, i proto jsme navázali spolupráci s izraelskými odborníky, kteří mají s problematikou sucha a nedostatků vody patrně největší zkušenosti na světě. Úzká spolupráce obou států, v rámci níž jsem se mohl osobně zúčastnit vodohospodářské mise do Izraele, byla v roce 2017 završena podepsáním memoranda o spolupráci mezi ministry životního prostředí České republiky a státu Izrael.

Součástí pozice ředitele odboru ochrany vod je i funkce zmocněnce vlády ČR pro spolupráci na hraničních vodách a vedoucího delegace v mezinárodních komisích pro ochranu řek Labe, Odry a Dunaje. Jak byste našim čtenářům přiblížil tuto část své agendy?

Ano máte pravdu, jako ředitel odboru ochrany vod jsem byl rovněž jmenován zmocněncem vlády ČR pro spolupráci na hraničních vodách se všemi sousedními státy. Díky dlouholeté a zavedené spolupráci v rámci bilaterálních komisí pro hraniční vody můžeme s kolegy z okolních států společně efektivně řešit otázky vyplývající z užívání hraničních vod, předcházet případným nedorozuměním nebo spolupracovat v tak důležitých oblastech, jako jsou například systémy včasného varování, povodňová ochrana či ochrana hraničních vod obecně. V rámci komisí pro hraniční vody projednáváme mimo jiné i záměry, které by mohly mít dopad na vodní režim a kvalitu či kvantitu vod na území druhého státu, tedy problematiku velmi konkrétní, zpravidla s lokálním dopadem. Oproti tomu v Mezinárodních komisích, které byly založeny na základě multilaterálních dohod na ochranu mezinárodních řek a jejich ucelených povodí, konkrétně jde o řeky Dunaj, Odra a Labe, kde působím ve funkci vedoucího české delegace, jsou projednávány otázky spíše strategického charakteru týkající se často celého mezinárodního povodí. Nespornou výhodou je, že se v rámci bilaterálních i multilaterálních komisí mohou spolehnout na široký tým zkušených odborníků složený ze zástupců mnoha institucí.

Mezinárodní jednání, ať už jednání na již zmíněných komisích, nebo mimo ně, vnímám nejen jako platformu k projednání rutinních operativních záležitostí, ale také jako příležitost k pracovní a velmi otevřené výměně zkušeností o obecných a hranice států přesahujících tématech, jako jsou např. zkušenosti s implementací unijního práva či řešení dopadů klimatické změny.

Abych svá slova o prospěšnosti mezinárodní spolupráce ČR v oblasti vodního hospodářství podpořil také některými praktickými příklady, rád bych za všechny zmínil například stabilní havarijní profil Hřensko. Tento stabilní havarijní profil na Labi na hranicích se Spolkovou republikou Německo bude sloužit v případě havarijního znečištění ropnými látkami a jinými plovoucími znečišťujícími látkami k zabránění šíření znečištění do Spolkové republiky Německo. Záměr výstavby byl projednáván ve Stálém výboru Sasko a Česko-německé komisi pro hraniční vody i v rámci Mezinárodní komise pro ochranu Labe. Díky státnímu podniku Povodí Labe, který stavbu profilu financoval, je od loňského roku připraven, aby mohl v případě havárie posloužit k zastavení šíření znečištění k našim německým sousedům.

Dalším příkladem dobré praxe, který bych rád zmínil, je aktivita brněnské pobočky ČHMÚ, která vydává denně předpovědi průtoků nejen pro české území, ale též pro horní povodí Dyje ležící v Rakousku a pro profil Hohenau na řece Moravě pod soutokem Moravy a Dyje. Předpovědi počítané srážkovodním modelem HYDROG jsou každý den předávány Úřadu dolnorakouské zemské vlády v St. Pölten. Hydrologická předpověď národní instituce pro území druhého státu je činnost poměrně unikátní a našimi rakouskými kolegy velmi vysoce ceněná.



Ministerstvo životního prostředí je ústředním orgánem státní správy, v jehož kompetenci je ochrana před povodněmi. Tedy další otázka je nasnadě. Jaké aktivity plánuje Ministerstvo životního prostředí v oblasti ochrany před povodněmi?

Úkoly a povinnosti Ministerstva životního prostředí, ale i všech ostatních účastníků ochrany před povodněmi, jsou poměrně jasně dány stávajícími právními předpisy, mám na mysli samozřejmě zejména vodní zákon. Lze konstatovat, že takto nastavený systém byl otestován řadou proběhlých povodní a osvědčil se, což však neznamená, že zde není stále prostor na pokrok a zlepšování.

Jednou z klíčových aktivit MŽP na tomto poli je pokračování v naplňování tzv. Povodňové směrnice. Po ukončení připomínkování návrhu aktualizace vymezení oblastí s významným povodňovým rizikem bude za podpory OPŽP probíhat aktualizace map povodňového nebezpečí a rizik, na které naváže návrh konkrétních protipovodňových opatření v mapovaných lokalitách. Tato opatření budou promítnuta do přípravy aktualizace Plánů pro zvládání povodňových rizik. Naplňování povodňové směrnice bude probíhat na třech úrovních: regionální, státní a mezinárodní, stejně jako v předešlém plánovacím cyklu. Celý proces naplňování

Povodňové směrnice probíhá za úzké a troufám si tvrdit příkladné spolupráce se státními podniky Povodí, MZe, ČHMÚ a VÚV TGM. Naší snahou je také užší spolupráce např. s Ministerstvem pro místní rozvoj, abychom dosáhli lepšího využití výsledků povodňového mapování v procesu územního plánování.

Ministerstvo životního prostředí dále pravidelně provádí cvičení přenosu výstražných informací Hlásné a předpovědní povodňové služby z úrovně ČHMÚ přes operační střediska HZS až na úroveň povodňových orgánů jednotlivých obcí. V těchto cvičeních budeme samozřejmě i nadále pokračovat a pracovat na zlepšení přenosu tak, abychom dosahovali co nejlepších výsledků.

Náš rezort bude i nadále společně se SFŽP pokračovat ve vytváření optimálních podmínek pro čerpání finančních prostředků OPŽP na realizaci konkrétních protipovodňových opatření, jako jsou např. lokální varovné systémy, digitální povodňové plány, rekonstrukce bezpečnostních přelivů rybníků a další.

Konečně musím zmínit také připravovanou novou vyhlášku definující způsob zpracovávání návrhu záplavových území. Vyhláška bude spojit požadavky Povodňové směrnice na tvorbu map ohrožení se současným způsobem stanovení aktivní zóny záplavového území tak, aby přístup k tvorbě těchto územních omezení byl jednotný. Cílem vyhlášky je jednoznačně definovat metodu vymezení aktivní zóny záplavového území jakožto nejsilnější restrikce v této oblasti.

Na závěr mi dovozte ještě jednu otázku. V červnu (VTEI č. 3/2017) vyšel v našem časopise článek s Ing. Danielem Pokorným, ředitelem odboru státní správy ve vodním hospodářství a správy povodí na Ministerstvu zemědělství, ve kterém se hovořilo i o plánování nových vodní nádrží. Tato problematika je často veřejností chápána jako spor mezi zastánci vodních nádrží a odpůrci vodních nádrží. Jak vidíte Vy potřebu nových vodních nádrží, ať už jako protipovodňových opatření, či jako zdroj vody pro období jejího nedostatku?

Výstavba nádrží je samozřejmě velice citlivé téma, které bych nerad redukoval do binárního pojetí, tedy boje zastánců a odpůrců. Jakožto právník se pokusím přenést odpověď na Vaši otázku do právní roviny, ve které je nicméně, podle mého názoru, popsáno poměrně přiléhavě řešení tohoto problému.

Vycházím-li z premisy, že před povolením a vybudováním větší vodní nádrže bude třeba naplnit požadavky čl. 4 Rámcové směrnice vodní politiky, a zpravidla, i když ne nutně vždy, též požadavky čl. 6 tzv. Směrnice o stanovištích, máme dány poměrně jasné a snad i správné podmínky, za kterých lze k povolení výstavby přikročit. S určitým zjednodušením je lze definovat takto:

Za prvé jde o prokázání převažujícího veřejného zájmu, v daném případě tedy o prokázání celospolečenské poptávky po vybudování nového zdroje pitné vody či povodňové ochrany, která reaguje na prokázaný nedostatek pitné vody či povodňové nebezpečí. Při zásahu do tzv. naturových lokalit podle Směrnice o stanovištích musí být prokázán dokonce naléhavý převažující veřejný zájem. Zde musím podotknout, že např. podle zprávy „Vyhodnocení dotazníků SOVAK ČR k problematice sucha v roce 2015“ není v České republice v danou chvíli nedostatek pitné vody. Za druhé jde o nutnost hledat vůči životnímu prostředí co možná nejméně invazivní varianty řešení. Před vydáním povolení musí být prověřeno, zda je vodní nádrž skutečně jediným řešením, kterým lze stanoveného veřejně prospěšného cíle dosáhnout. Konečně za třetí, jsou-li naplněny první dvě podmínky, je nutné přijmout veškerá možná zmírňující či kompenzační opatření, aby negativní vlivy záměru byly co možná nejmenší.

V každém jednotlivém případě tak musí být zváženy a porovnány přínosy pro ochranu před nedostatkem vody a povodněmi na straně jedné a další veřejné zájmy, nevylímané zájmy místních obyvatel a zájmy ochrany životního prostředí na straně druhé. Základem musí být vysoce odborně zpracovaný projekt, zahrnující posouzení všech dopadů v konkrétním území a návrhy na jejich zmírnění.

Ing. Libor Ansorge, Ph.D.



Vícedílný a divácky úspěšný seriál České televize „Vltava v obrazech“

V rámci dokumentárního cyklu České televize „Hledání ztraceného času“ (460 dílů) byla též odvysílána samostatná část (tzv. tematická minisérie) „Vltava v obrazech“, která představila nejdelší českou řeku Vltavu. Soubor filmových dokumentů má celkem 86 dílů (26 hodin vysílacího času) a systematicky postupuje od pramene řeky až k jejímu soutoku s Labem v Mělníku. V cyklu byly použity jak unikátní staré filmové záběry a fotografie, tak i záběry ze současnosti – všechny díly velmi poutavě moderoval výhradně Karel Čáslavský (pro potřeby zpracování pořadu zapůjčilo nezbytné archivní fotografie, filmy, mapy a další materiály České televizi jak 150 diváků, tak 50 archivů, muzeí, ústavů, podniků a institucí /též i VÚV TGM/). Kompletní cyklus byl rovněž vydán Centrem českého videa na 9 DVD v rámci Edice České televize. V následujícím přehledu uvádíme stručný obsah všech dílů (jen část z nich je veřejně digitálně dostupná). Vřele doporučujeme laskavému čtenáři shlédnout (byť pouze některé) níže uvedené části seriálu (sledovatelné bohužel jen na příslušných internetových adresách).



Česká televize, ©2001–2005

JEDNOTLIVÉ DÍLY

1	Úvodní díl – zde lze shlédnout, jak byly prameny řeky zachyceny na nejrůznějších historických fotografiích a filmových záběrech: Kvilda – Borová Lada – Horní Vltavice – Lenora – proplutí romantickým úsekem Teplé Vltavy mezi Soumarským mostem a Mrtvým luhem až k soutoku se Studenou Vltavou	
2	Studená Vltava (vyvěrá na svahu hory Haidel v Bavorsku a nese název „Altwasser“) – Mrtvý luh (rozsáhlé údolní rašeliniště o ploše asi 3 km ²) – soutok Studené a Teplé Vltavy (Vltavský luh) – Želnavá – plavení dřeva ze Schwarzenberského kanálu – Želnavský „smyk“ (dřevěné koryto, do kterého se napouštěla voda ze Schwarzenberského kanálu a v němž se plavily kmeny do Nové Pece)	
3	Lipenské „jezero“ (počátek území, které zmizelo pod hladinou vodní nádrže) – archivní film Karla Trázníka (1958) – Nová Pec – Horní Planá – Černá v Pošumaví – zcela zatopená Dolní Vltavice (63 domů a kostel) – Frymburk – z poloviny zatopená Přední Výtoň (83 domů) – obec Lipno – plavení polenového dřeva po Vltavě – dokumentární film o našich přehradách (režie S. Studený /1955/)	http://www.ceskatelevize.cz/porady/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000268-vltava-v-obrazech-3/video/?page=17
4	Výstavba monumentálního vodního díla Lipno (trvala od geologických průzkumů až po napuštění vodou pouze devět let) – film „Lidé nad Čertovou stěnou“ (režie E. Kaněra – o stavbě přehrady Lipno I /1962/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000269-vltava-v-obrazech-4
5	Stavba přehrady Lipno ve filmových týdenících, které průběžně zachycovaly postup prací (Panorama 3 /v roce 1958 – režie Z. Kopáč/, Čs. filmový týdeník /1953/, Týden ve filmu /1960/) – „Po řece Vltavě“ (1995) – dokument „Mladé jezero“ (O. Růžičková /1965/)	
6	Televizní snímky zachycující provoz přehrady Lipno I a její okolí (z archivu ČT) – populárně naučný film „V hlubokých vodách“ (režie J. Šujan /1961/) – lokalita Svatý Prokop („stará papírna“, kostel sv. Prokopa a Oldřicha) – Loučovice (JIP-papírný Vltavský mlýn) – Čertovy proudy – „Po řece Vltavě“ (V. Maurer /1995/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000273-vltava-v-obrazech-6
7	Mezi Lipnem a Loučovicemi – amatérský film J. Sedláčka (Čertovy proudy, povodeň 1954) – filmy O. Výlety a J. Sedláčka (vodácké závody) – reportáž z mistrovství republiky (O. Výleta /1959/) – snímek „Tělovýchova a sport 9/1959“	

8	Reportážní film „V Čertových proudech“ (režie F. Papoušek /1959/) – úryvky z filmových týdeníků (1961 a 1962 /vodácké závody/)	
9	Vodácké závody pod Lipnem I (v Čertových proudech) v letech 1966–1967 („Tělovýchova a sport“ – 10/1966, 8/1967) – „Setkání na peřejích“ (režie K. Novák /1968/)	
10	Mistrovství světa ve vodním slalomu (1967) – vodácký závod ve vodním slalomu u pily v Loučovicích (1957) – dřívější jez v Loučovicích – potrubí do Spirovy elektrárny – vyrovnávací nádrž Lipno II	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000281-vltava-v-obrazech-10
11	Vyšší Brod (Hohenfurth /klášter cisterciáků a město/) – „Bílý Mlýn“ (první jez s propustí pod Lipnem II) – amatérský film O. Kepky a M. Boušky (1994) – jez Herbertov (s propustí z roku 1966 /tzv. Horní mlýn/) – Rožmberk (město, Dolní hrad, Horní hrad /Nový zámek/) – jez „Dolní mlýn“ (Rožmberský jez)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000282-vltava-v-obrazech-11
12	Televizní film „Poslední ráz“ (J. Stehlík, P. Podlaha a J. Hadrávek /1966/) o plavbě „posledního voru“ z Vyššího Brodu pod Rožmberk (třítábulový vor postavili slavní voraři bratři Sypalové – televizní štáb na něm též svezli)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000285-vltava-v-obrazech-12
13	Zátoň (židovský hřbitov a gotický kostel svatého Jana Křtitele) – Větřní (obec a papírny /kde se již v 19. století vyráběl papír a sulfitová buničina/) – „Dialog s řekou“ (režie M. Maryška /1978/) – dokument „Na řece stával mlýn“ (režie J. Venera /1978/) – jez Konopa (s vorovou propustí) – Nové Spolí	
14	Vltava v Českém Krumlově – Mrázkův mlýn a jez „U Jelení lávky“ – ČOV Krumlov – Domoradice – Přísečná – Rájov – Zlatá Koruna (klášter založený Přemyslem Otakarem II. roku 1263 a zrušený Josefem II. v roce 1785)	
15	„Poslední vor (1)“ – televizní dokumentární film o plavbě voru (celý hodinový dokument natočil režisér T. Kulík /podstatné záběry z filmu byly v seriálu uvedeny na tři pokračování/, která se uskutečnila v roce 1971 (v první části – sestavení z klád do tabulí a „pramene“ ve Vyšším Brodu)	
16	„Poslední vor (2)“ – vyplutí voru z Vyššího Brodu (9. 7. 1971 se zvedla stavidla přehradu Lipno II a stovky kubíků vody začaly zaplňovat prázdné řečiště – plavci a televizní štáb vyrazili směrem po proudu řeky) – plavba do Rožmberka a Českého Krumlova (T. Kulík, F. Procházka, P. Kubošková, K. Bohman, M. Landa)	
17	„Poslední vor (3)“ – havárie pod Českým Krumlovem – plavci vor provizorně opravili a pokusili se plout dál (spolu s J. Bohdalovou a J. Podskalským) – na mostě v Boršově (tak jako v dřívějších dobách) opět čekal hostinský Růžička (aby po provaze spustil na vor košík s jídlem – toho se však nedočkal /říční správa další plavbu voru zakázala z bezpečnostních důvodů/)	
18	Amatérský záznam o plavbě „posledního voru“ (F. Tácha) – film „Jedeme Vltavu“ (T. Hrabánek) – dokument „Vltavský maratón – Mistrovství ČSSR na pramicích“ (režie M. Čumpelík /1960/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000293-vltava-v-obrazech-18
19	Dívčí kámen (Maidstein /zřícenina gotického hradu/) – Pozděřaz (kdysi zde stával vodní mlýn) – hrad Maškovec – továrna bratří Zátků (první strojová výroba těstovin v Rakousku-Uhersku) – Boršov (farní kostel sv. Jakuba staršího) – jez a obec Planá – moderní Trilčův jez s retardérovou propustí – České Budějovice (Sokolský /dominikánský/ ostrov a Jiráskův jez s elektrárnou /5 m vysoký, se dvěma pohyblivými segmenty o délce 28 m, postavený v roce 1932, s nezastupitelnou a důležitou funkcí regulačního stupně řeky spolu s energetickým využitím vody Vltavy a Malše/ – 75 m dlouhá a 6,5 m široká vorová propust, která dříve sloužila především k plavení kmenů) – soutok Vltavy a Malše	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000294-vltava-v-obrazech-19
20	Jez a slalomová dráha v Českém Vrbném – Bavorovice – jez v Hluboké nad Vltavou – rekapitulace všech předcházejících devatenácti dílů seriálu	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000295-vltava-v-obrazech-20
21	Film „Život řeky“ (režie S. Beneš, kamera J. Vaniš /1983/) o dnes již částečně zmizelé staré plavecké obci Purkarec a zatopených osadách Jaroslavice a Buzkov (nádrží Hněvkovice, vybudovanou s ohledem na zajištění dostatku chladicí vody pro Jadernou elektrárnu Temelín)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000296-vltava-v-obrazech-21

22	Hluboká – Křesín – Poněšice (sportovní středisko) – dokument „Po řece Vltavě“ (V. Maurer /1995/) – zatopení části obce Purkarec vodním dílem Hněvkovice (snímky z likvidace pravého břehu, zánik starého mlýna a dalších domů) – výroční oslava spolku Vltavan	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000297-vltava-v-obrazech-22
23	Obec Buzkov (mlýn a vorová propust) a Jaroslavice (mlýn) – vodní dílo Hněvkovice a Kořensko (stavba probíhala v období 1986–1991) – obec Hněvkovice (Královův mlýn a bývalý arcibiskupský zámek) – Týn nad Vltavou dříve a v současnosti (zbořené a zatopené mlýny) – film pro ČSAV (Z. Kopáč, F. Vlček /1960/) – „Voraři na Vltavotýnsku ještě žijí“ (1981)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/201324246000299-vltava-v-obrazech-23
24	Poblíž Týna nad Vltavou se nalézá JE Temelín (elektrárna má poměrně značnou nenávratnou spotřebu vody /k chlazení kondenzátorů turbín prostřednictvím chladicích věží/) – přehradní nádrže Hněvkovice a Kořensko zvýšily hladinu Vltavy o 17,5 m (o stavbě vodního komplexu byl natočen film „Vodní dílo Hněvkovice a Kořensko“ – zpracován pro VRV režisérem J. Kratochvílem a kameramanem Z. Olmerem /1990/)	
25	Plavba motorovým člunem z Týna nad Vltavou po soutok s Lužnicí – dolní úsek Lužnice (Koloděje) – Kořenský mlýn a jez s propustí (jeho smutný konec a zatopení) – vodní dílo Kořensko (proplutí plavební komorou)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000302-vltava-v-obrazech-25
26	Co je skryto pod vodou? – Kořensko – Babice (bývalé velké vaziště vorů) – osada Újezd – zatopený mlýn „Ve stružce“ – Pašovice – již neexistující středověký hrad Újezdec – Hladná (zatopená obec a historický snímek o stavbě voru) – „Nový mlýn“ (přestavěný Schwarzenberg na elektrárnu) – „Novomlýnská retardérka“ (retardérová propust) – povodeň v roce 1954 – „vodácký maratón“ (1957) – zatopení „Nového mlýna“ po roce 1960	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000303-vltava-v-obrazech-26
27	Bývalé zatopené usedlosti, samoty a mlýny: „U Staňků“ – „Černá skála“ – samota „Břehy“ – elektrárna Rejsíkov – hostinec „Na Zelené“ – samota „Růžička“ – Horní Lipovsko (mlýn a pila) – litinový kříž – Dolní Lipovsko (mlýn, pila a jez) – Smoleč – samota a hostinec Horní Kotánek – usedlost „U Slavíků“ – mlýn „Bouda“ – hřbitovní kostelík svatého Jana Křtitele (též i zaznamenaný v Krškově filmu „Ohnivě léto“) – usedlost Horažďovských – samota „Trubáček“ – soubor chalup „Drasák“ – Podolsko	
28	Historie mostů v Podolsku („starý most“ navrhl V. Lanna /1848/) – stavba nového a výjimečně mohutného silničního betonového mostu (konstrukci navrhli: J. Blažek, V. Janák, A. Brebera) – rozebírání a stěhování historického řetězového mostu (natočil kameraman A. Jiráček) – znovupostavení „starého mostu“ přes Lužnici pod městysem Stádlec (otevření přemístěného mostu až v roce 1975 /nad řekou Lužnicí/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000308-vltava-v-obrazech-28
29	Podolsko – zrušený a zatopený Honsův mlýn (s Francisovou turbínou) a vorová propust – dokumentární snímky ze slavných vodáckých maratonů z Českých Budějovic do Prahy – poslední závod ve vodním slalomu (1960) před napuštěním Orlické přehrady	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000309-vltava-v-obrazech-29
30	Film „Vodní dílo Orlick“ (zpracovala režisérka O. Růžičková v roce 1967 /za využití starších záznamů/ pro potřeby Výzkumného ústavu vodohospodářského) – dokument velmi podrobně pojednává o postupu výstavby Orlické přehrady	
31	Slavné vodácké „maratóny“ České Budějovice – Praha (ročníky 1950, 1951 a 1957)	
32	Cesta od Podolska (zmizelé samoty, mlýny a jezy) – osada Jílovec, Křenek (Kolářův statek, Michalův mlýn) a Saník (jez a vorová propust) – železniční most v Červené nad Vltavou (trať Písek – Tábor) – Honsův mlýn – budova pošty – zaniklé penziony v Červené nad Vltavou – zesílení kamenných pilířů železničního viaduktu (před zvýšením hladiny) – penzion J. Váni – dům „Šimek“ – Pazourkova restaurace – penzion J. Staňka	
33	Amatérské filmy – Červená nad Vltavou (Maškův mlýn) – osud Červenského kostelíka postaveného již v roce 1190 (románského – sv. Bartoloměje /přesunutí na vyšší místo/) – začátek (již neexistujících) Červenských proudů	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000317-vltava-v-obrazech-33
34	Plavby kdysi obávanými Červenskými proudy (amatérský film V. Kubína, J. Šaura, P. Reise /o stavbě a plavbě vorů po řece/) – film režiséra Kopáče a kameramana Vlčka – Zvíkovský most – tábořiště a hostinec „U Lávičky“ (v roce 1960 Červenské proudy „pohltila“ hladina Vodního díla Orlick)	
35	Plavba ke Zvíkovu – pohledy na hrad – soutok Vltavy s Otavou před zatopením údolní nádrží Orlick – pobořený kostelík sv. Mikuláše – film posluchačů FAMU (v létě 1953 zde mladí slovenští studenti Bruno Šefranka a Vladimír Ješina natočili krátký film, který se nikdy veřejně nepromítal) o malíři Otakarovi Nejedlém a jeho žácích pod Zvíkovem (aby společně zvěčnili brzy nenávratně zatopenou krajinu)	



Česká televize, © 2001–2005



Česká televize, © 2001–2005

36	Pohledy na Otavu, kterou zasáhlo vzdušné Orlické přehradě (1960) – hostinec Hesounových – vzpomínka na mlýn J. Barty, Jílovecký (Heringův) mlýn – mlýn Cais (tzv. panský) – Tlučkův (Sulanův) mlýn – mlýn a letovisko „Smetiprach“ (hostem byl i R. A. Dvorský /známý prvorepublikový zpěvák a dirigent/) – Jistec (kamenolom, vaziště vorů a mlýn) – vodácký závod z Písku do Zvíkova – restaurace „U Ulricha“ s přívozem – Křivice – soutok s Lomnicí – sv. Anna – Mošovice – jez, přívoz a Smrtova plavecká hospůdka pod Zvíkovem	
37	Barevný dokumentární film „Plavali plavci“ (režie Z. Kopáč – vynikající komentář čte V. Voska /1959/)	
38	Otavský jez – přívoz a Smrtova plavecká hospůdka pod Zvíkovem a vaziště vorů – starý limnigraf pod Zvíkovem – plavba k mostu u Žďákova (samota Jelec, Černý vír, osada Ochoz, elektrárna /v provozu 1923–1957/, jez a propust v Letošticích, osada Sobědražské Břehy /Krasice/, hájenka Kučeravý, osada Kostecké Břehy a Žďakov)	
39	Film „Stavba Žďákovského mostu“ (režie S. Čech /1961/) – archivní záběry Krátkého filmu Praha a České televize (1965, 1966, 1967) – film dokumentuje montáž pomocných věží nutných pro pozdější přemostění vltavského údolí silničním ocelovým mostem (odborníci jej v té době považovali za největší prostý plnostěnný dvoukloubový ocelový obloukový most na světě)	http://www.ceskatelevize.cz/porady/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000323-vltava-v-obrazech-39/video/
40	Demontáž vysokých („provizorních“) podpůrných pilířů Žďákovského mostu – montáž mostovky a vozovky – zatěžkávací zkoušky mostu – bývalá osada Žďakov (Pavlíčkova restaurace, přívoz, mlýny /Panský a Ezrův/, jez s dvěma propustmi – Schwarzenberská pila /získávala dřevo nejen po vodě, ale i po úzkokolejné dráze/) – plavba k zámku Orlík	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/202324246000324-vltava-v-obrazech-40
41	Československé filmové týdeníky a televizní snímky (1954–1960) věnované výstavbě Orlické přehradě (začala se stavět v roce 1955 – byla podrobně sledována kamerami tehdejších dokumentaristů /poslední vory, stroje k úpravě terénu pro budoucí vodní dílo, nepřerušovaný postup výstavby ve všech ročních obdobích, montáž Kaplanovy turbíny a začátek napouštění přehradního jezera v roce 1960/)	
42	Zámek Orlík – přívoz – hájenka Vilemína – obec Velký Vír (hostinec „U Vávrů“) – obec Loučka – plavecký hostinec „Na poličku“ – osada Radava (statek, další stavení a přívoz) – samota Mlýnec	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216311-vltava-v-obrazech-42

43	Obec Podskalí (chalupy Hejnových, kamenolom, plavecká hospoda Václava Hanuse, domky vorařů, kameníků a lesních dělníků, kaple, chalupa „U Kuthanů“, mlýn s pilou, náhon, jez a propust /kterou proplouvaly vory i lodi vodáků nejen z Vltavy – Lužnice, Otavy, Nežárky a dalších řek/) – samota Brousek a hájovna Přesina – chalupa Kožmínů – mlýn a hájovna „Na Korcích“	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216313-vltava-v-obrazech-43
44	Vrch Bořín – zatopená obec Těchnice (300 obyvatel a 54 popisných čísel, kostel sv. Štěpána s hřbitovem a farou, válcový mlýn p. Konvičky, pila, jednotřídní škola, dva hostince, zemědělské usedlosti, domky kameníků a lesních dělníků) – usedlost Trkovských – samota „V ráji“ – filmové svědectví o zániku obce Těchnice – potápěčské záběry (T. Krumphansla) doposud zachovaných částí již plně zatopeného kostela sv. Štěpána	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216314-vltava-v-obrazech-44
45	Poslední (v současnosti zatopené) obce nad stávající Orlickou přehradou: Zbenické Zlákovice (13 popisných čísel, hostinec Hynka Mezery, usedlost Josefa Větrovského, usedlost Václava Mezery), Orlické Zlákovice (obec poprvé zmíněna již v roce 1336 – do zátopy šlo 62 domů /stěhovalo se přes 300 obyvatel/, pošta, fara, četnická stanice, dvoutřídní škola) – kopec Bořín – plavecká hospoda Aloise Mezery – lanový přívaz – hostinec J. Květa – kaple v Orlických Zlákovících – kovárna – jez (ve tvaru „V“) a mlýny na konci Orlických a Zbenických Zlákovíc (válcový mlýn Vláhov a mlýn Vlachý /Kupkův/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216315-vltava-v-obrazech-45
46	Televizní film o stavbě Orlické přehrady „Historie deseti let“ (z roku 1963 – rovněž se záběry Orlických a Zbenických Zlákovíc, Týna nad Vltavou, mlýna Kořensko, obce Červená nad Vltavou, hostince U Lávičky, Zvíkova a dalších míst, která po napuštění přehrady zcela zanikla)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216317-vltava-v-obrazech-46
47	Vodácké „maratóny“ z Českých Budějovic do Prahy (1949, 1958 a 1959) – závody měly čtyři etapy (rozdělené do dvou dnů)	
48	„Nový příběh staré řeky – 1“ (barevný dokumentární film Z. Kopáče, který podrobně popisuje stavbu Orlické přehrad – podává též poslední svědectví o tom, jak řeka dříve vypadala)	
49	„Nový příběh staré řeky – 2“ (stavba Orlické přehrad – montáž turbín v elektrárně a napuštění nádrže)	
50	Film „Plavba po vorech z Hluboké do Štěchovic“ (1926) – film „Píseň jezů“ – dokument „Cílová plavba – odměna nejlepším“	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216324-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-50
51	Záběry Vltavy z 20. let – dochované části ze skautského filmu „Píseň mládí“ (1939) – dokument „Veselý vor“ (asi 1939) – Makovcův film „Voraři“ (1940 – vaziště vorů u Hluboké a plavba do pražského Podskalí)	
52	Vltava pod Orlickou přehradou – „Zavádilka“ – Solenice – „Podkova“ – „Pakosta“ – hostinec „Šefrovna“ – samota „Ve Struhách“	http://www.ceskatelevize.cz/porady/873537-vltava-v-obrazech/20352216327/video/
53	Vltava pod Orlickou přehradou – „Struhy“ – mlýn Voznice – „U Vaněčků“ – Proudkovice (zatopený mlýn a 12 domů) – Lobkovická hájenka – kdysi zlatonosný Mlýnský potok – osada „Břehy“ – stavba přehrad u Kamýku nad Vltavou (1956–1962)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216328-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-53
54	Přehrada Kamýk nad Vltavou – město Kamýk (hotel „Manství“, hřbitovní kostel, ocelový most, mlýn, Kraibichova /Zvěřinova/ parní pila) – kdysi kamenická obec Velká – Vápenický potok	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216329-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-54
55	Skalní město z granodioritu u Velké – samota Tahava – Peroutkův mlýn a bývalý jez – Vestec (silniční most) – obec Vestec (mlýn na Jindrovském potoce) – osada Přívazec – statek Buzice – osada Zrůbek (přívaz Vodoušů, zatopený špýchar a hostinec) – potok Brzina – osady Kovárna a Bučily – Čertova skála – Bučilské proudy	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216330-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-55

56	Obec Zvírotice (zachovaná kaplička, zatopené chalupy a hospody a dřívější přívoz) – nové Zvírotice – bývalý lanový přívoz – Županovice (částečně zatopená obec, hostinec J. Šimka – mlýn, jez a stará, již zcela zatopená, plavební komora /J. F. Schor/) – Pohodnice – Bukevnické (mlýn a kdysi existující těžba zlata) – Cholíň (dnešní silniční most, zrušený přívoz a hostinec /návštěva TGM/, statek, mlýn, přádelna, koželužna) – plavecká obec Oboz (bývalá solnice) – Buchlův mlýn – Častobor – ostrov „Sejce“ (Sejcký ostrov /Tajemný ostrov/, „Bukovina“)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216331-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-56 , https://www.youtube.com/watch?v=lvXCHlzyvmA&t=404s
57	Trampové na Sejcích (ostrově zvaném též „Tajemňák/Tajemný“, který od začátku 20. století až do svého zániku byl rájem vodních turistů a příjemným místem k táboření) – archeologicky významné keltské oppidum Hrazany – Kobylínky – potok Mastník (na potoce byly peřeje, jezy, chatrné můstky a také několik mlýnů /např. Borákov/) – osada Ústí (přívoz) – stará Živohošť (kostel sv. Fabiána a Šebestiána /který stál kdysi na vysoké skále/) – Kvapilův film „Oblaka“ (hlavní roli zde měla známá operní pěvkyně J. Novotná /„baronka v opeře“/) – historický úvod k filmu „Příběh staré řeky“ (režie J. Lehovec – komentář čte V. Voska /1954–1956/).	
58	Film „Příběh staré řeky“ (režie J. Lehovec – komentář čte V. Voska /1954–1956/ – v padesátých letech byl promítán s velkým ohlasem /především díky sugestivním záběrům velké vody/ – část pojednávající o stavbě Slapské přehrady /uzavření řeky v roce 1954 a postupné plnění přehradní nádrže/ – červencová povodeň způsobená letními přivalovými dešti /značné ohrožení, v té době ještě stavebně nedokončené, přehrady/)	
59	„Kronika Slapské přehrady“ (1956, film režisérky O. Růžičkové) – „jiný pohled“ na stavbu přehrady (dokument sleduje stavbu od zimy 1949 do léta 1954, kdy povodeň vystavila vodní dílo nečekané zkoušce /viz výše uvedenou červencovou povodeň/)	Původní film (VÚV): https://www.youtube.com/watch?v=JFAimBJyebi
60	Úsek Vltavy, který po dokončení Slapské přehrady zčásti či zcela zmizel pod hladinou nádrže: Živohošť (kostel sv. Fabiána a Šebestiána, hřbitov, fara, dvoutřídní škola, 40 domů, plavecká hospoda, přívoz, současný most /245 m/), obec Moráň (12 chalup, Vodrážkův hostinec, „Na Kocandě“, „Šeredovské chaloupky“ /viz film „Městečko na dlani“ – Marie Glázrová/, Jablonský a Meredovský potok, „nejstarší“ Moráň – malý pivovar, plavecká hospoda a mlýn) – Královská – osada Ždán (hostinec, restaurace „Na Skalici“, mlýn „U Větrovských“ – „střed“ Království českého) – hotel Záhoří (přívoz, vodácká „stanice“) – „Restaurace“ – poutní místo „Rovínek“ – Ferdinandův (Fukův) sloup a socha sv. Jana Nepomuckého	
61	Svatojánské proudy (přibližně osmikilometrový úsek řeky se šesti prudkými zákrutami, divokými peřejemi, strmými skalami a také několika velkými balvany, které zasahovaly hluboko do řečiště) – podrobné seznámení se zaniklým úsekem Vltavy mezi Slapy a Štěchovicemi	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/20352216338-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-61
62	Nejstarší filmy ze Svatojánských proudů – Film A. Pecha (již z roku 1912 – tento snímek přinesl našemu filmu první zahraniční ocenění /na fotografické a filmové výstavě ve Vídni v roce 1913 obdržel velkou zlatou medaili/) – filmaři společnosti Slavia-film (1919) – plavba na voru („Buď připraven“ /1923/) – „Proud v zimě“ (mladí amatérští filmaři L. Nedbal a G. Heyduk natočili na přelomu zimy a jara 1938 zajímavý krátký film, jenž zobrazuje jak probouzející se přírodu, tak vznik ledových bariér, které následně ohrožovaly nejen Štěchovice, ale i Prahu)	
63	Dokument „Ze soboty na neděli“ – Svatojánské proudy z pohledu vodáků (těsně před dokončením Štěchovické přehrady /léto 1942/ – amatérský filmař S. Olmer)	
64	Svatojánské proudy v hraných amatérských filmech, které natočili mladí filmaři G. Heyduk a L. Nedbal – „Mokré opojení“ a „Ostrov Dynamit“ (ostrov Olšovec /1936/ – zde tato vodácko-filmařská „parta“ měla dokonce pravidelné víkendové tábořiště)	
65	Svatojánské proudy v letech 1942–1944 (zachycené kamerou hudebního skladatele, textaře, filmaře, klavíristy a fotografa E. Ingríše – ve stráni nad Dolním slapem měl jednoduchou chatu, ve které jej navštěvovala řada přátel)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510004-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-65
66	„Poslední dny Svatojánských proudů“ (film režiséra P. Karáska a kameramana F. Bučiny /1942/ – závěr filmu: „A na všechno to krásné, velká lehne voda“) – píseň „Vzpomínka na Svatojánské proudy“ (autorů A. Mošty, O. Vrtíšky a J. Kordy)	

67	Filmové záznamy o historii plánovaného záměru k vybudování přehrady nad Štěchovicemi a o její stavbě (pouze období 1937–1942 – stavba pak následně pokračovala až do roku 1944 /průtočná elektrárna a plavební komora/) – plán na postavení Štěchovické přehrady vznikl již za Rakouska-Uherska (na podzim roku 1912 přijela delegace z Vídně, aby posoudila plány stavby přímo na místě) – v roce 1930 se zde konal tábor lidu, který žádal stavbu přehrady, aby povodně i ledové kry nesužovaly zdejší obyvatele (na místo též přijížděly nejrůznější delegace politiků i odborníků – hledalo se vhodné místo k přehrazení řeky) – stavba nakonec začala až v roce 1937	http://www.ceskatelevize.cz/porady/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510006-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-67/video/
68	Vodní dílo Štěchovice I a Štěchovice II (přečerpávací elektrárna a nádrž na vrchu „Homole“) – osada Brunšov – kdysi zlatonosný potok Kocába – obec Štěchovice (kostel sv. Jana Nepomuckého /Kamil Hilbert, 1911–1914/, loděnice na levém břehu, spolek Vltavan, silniční most /1937–1939/, přístaviště parníků, restaurace „U parolodi“)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510007-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-68
69	Povodeň 2002 a katastrofální chod ledu ve Štěchovicích a okolí v březnu 1940 (jarní povodně na Vltavě, Berounce a Sázavě, doprovázené ledovými krami a tříští, přicházely téměř při každém jarním tání /Štěchovice, Davle i Praha jich zažily nepočítaně/) – jedna z největších povodní přišla 15. 3. 1940 (daly se do pohybu ledy, které zatrasily koryto řeky, a vytvořily extrémně vysokou bariéru – přírodní katastrofa poškodila nejen mnoho domů ve Štěchovicích, ale i staveníště budoucí přehrady /začátek i dramatický průběh natočil Ing. M. Piskač/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510008-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-69
70	Videofilm „Procházka Vltavou“ (podniku Povodí Vltavy /1999/) – nafilmován při poklesu hladiny jak v nádrži vodního díla Štěchovice, tak i vodního díla Vrané (účelem bylo zjištění stavu betonových zdí, které byly dlouhodobě ponořeny pod vodou, a dále posouzení stavu opevnění břehů /na vodním díle Štěchovice byla hladina snížena o 6,5 m a na vodním díle Vrané nad Vltavou o 3 m od maximální provozní hladiny/)	
71	Další snímky Štěchovic – plavba ze Štěchovic – hostinec Mandát – svatý Kilián – „Ostrov“ u Davle (již v raném středověku zde existoval významný benediktinský klášter /rozsáhlé archeologické vykopávky/) – soutok se Sázavou	
72	Davle (historie města od roku 1310, starý panský pivovar, „hraběcí“ hostinec, spolek Vltavan, davelský fotograf J. Dvořák, davelský ocelový most z roku 1905 – „U Remagenu“ /1968/) – Adlerův hostinec Na Libřici – letovisko Měchenice (lázně, Holubovský mlýn) – železniční most u Trnové („Skochovický most“) – trať z Modřan do Dobříše – Boudníkův hostinec („Na Leznici“)	
73	Projekt vodního díla u Vraného nad Vltavou (stavba započala v roce 1931 – v pořadí devátá, a zároveň poslední stavba tzv. Vltavské kaskády /Lipno I a II, Hněvkovice, Kořensko, Orlík, Kamýk nad Vltavou, Slapy a Štěchovice/) – postup výstavby, stavební stroje a další technická zařízení použitá při stavbě vodního díla (v letech 1931–1935 zde byly postaveny dvě plavební komory, delší pro vory a nákladní čluny, kratší pro osobní parníky a sportovní lodě – dále jez o čtyřech polích s pohyblivými železnými stavidly /včetně průtočné elektrárny se dvěma Kaplanovými turbínami a transformační stanice/)	
74	Výstavba vodního díla u Vraného nad Vltavou v letech 1931–1935 (u levého břehu řeky jsou dvě plavební komory – delší, složená ze dvou částí /byla určena pro vory a nákladní čluny/ a kratší pak pro parníky a sportovní lodě; uprostřed stavby se nalézá jez o čtyřech polích /v nichž jsou zabudována pohyblivá železná stavidla, vysoká téměř 10 m/; jez zvedá hladinu řeky asi o 8 m a vytváří nádrž /která končí až ve Štěchovicích/ – k němu přiléhá strojovna elektrárny /dva generátory s Kaplanovými turbínami/)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510016-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-74
75	Zdymadlo u Vraného nad Vltavou (v polovině prosince 1935 začalo napouštění nádrže, v následujícím roce už bylo v plném provozu jak zdymadlo, tak i elektrárna /šlo o úplně první dílo budoucí Vltavské kaskády/) – prezident E. Beneš (i jeho velmi populární manželka Hana) na návštěvě zdymadla (24. 5. 1937) – Skochovice (zaznamenané již k roku 993 /v Břevnovské listině – jde však evidentně o tzv. falzum/) – původně románský kostel ve Vraném a ve své době největší (dnes již zrušená) papírna v Čechách – jeden z posledních přívozů na Vltavě (existující již od roku 1382)	
76	Přívoz mezi Vraným nad Vltavou a protějším Strnady (zotavovna /dnes výzkumný ústav/) – Jarov (restaurace) – kamenolom u Zbraslavi – zámek ve Zbraslavi (zrušený cisterciácký klášter) – slepé rameno Berounky – spisovatel V. Vančura – most ve Zbraslavi – Zbraslav-Závist – plovárny (inspirace pro „Rozmarné léto“) – pomník ve Zbraslavi – soutok Vltavy s Berounkou u Lahovic – jez v Modřanech s velkou plavební komorou	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510018-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-76
77	Hodkovičky – Velká a Malá Chuchle – most „Intelligence“ (Branický) – branické ledárny (Vltava však nyní /po výstavbě nádrží Vltavské kaskády/ již nezamrzá) – Barrandovské skály a terasy (filmové ateliéry, restaurant a plavecký bazén) – Barrandovský most (navrhl Ing. J. Hejnic) – Branický lom (na vápenec) a vápenka (zbourána 1929) – kostelík na Zlíchově – plovárny Mlýnek, Modrá plovárna a Žluté lázně – cementárna v Podolí (dnes Podolský plavecký stadion)	

78	Císařská louka (ostrov vznikl až v letech 1899–1903) – vorový přístav – Veslařský ostrov – stadion vodních sportů – Podolská vodárna (architekt A. Engel /1929–1931/) – budova loděnice – Vyšehrad – tunel pod Vyšehradem (1904) – kubistické domy od architekta J. Chochola (1911–1912) – železniční most – Podskalí – bývalá podskalská celnice „Na Výtoni“	
79	Staré Podskalí (postupně zbouráno na konci 19. a na počátku 20. století – v souvislosti s budováním tzv. „Nového nábřeží“) – Výtoň – spolek Vltavan (sdružení vzájemně se podporujících plavců, rybářů a pobřežních /od roku 1871/) – benediktinský klášter Emauzy („Na Slovanech“) – železniční most (tříobloukový, ocelový – vybudovaný v roce 1901) – vodácké závody u mostu F. Palackého – bruslaři na Vltavě – most F. Palackého (původně nazývaný jen jako „kamenný most mezi Prahou a Smíchovem“ /též i později za protektorátu „Mozartův“) postavený 1876–1878 /ze žuly, pískovce a mramoru – dlouhý 230 m/) – ledování u Šitkovských mlýnů – přístaviště parníků	
80	Stavba Jiráskova mostu (započala 1929 – most otevřen 1933) – Dietzenhoferův pavilon (zbouraná vzácná barokní stavba na Smíchově) – přístaviště parníků – vodárenská věž (1588) – Šitkovský mlýn a budova Mánesa (1930) – Slovanský (Žofínský) ostrov – Žofínská plovárna – plavební komora a Šitkovský jez s vorovou propustí – Malostranská (Petržilkovská) vodárenská věž	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/204522161510022-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-80
81	Dětský (Židovský) ostrov – lávka pro pěši – přírodní kanál Čertovky – plavba komorou na Smíchově – socha Vltavy – řetězový (později kamenný) most (Františka I. /Legií/) – Střelecký ostrov – dolní plavební kanál (dělicí zed') – Čertovka – Kampa – Sovovy a odstraněné Odkolkový mlýny – Novotného lávka (Muzeum české hudby) – V. V. Štech	
82	Staroměstský jez (1241) s vorovou propustí – Karlův most (založen 1357) – poškození mostu v roce 1890 – Kampa – Čertovka a její mlýny (Huť, Velkopřevorský) – Pražské Benátky – Mánesův most (Balšánek, Sakař) – dřívější (zbouraná) Rudolfova řetězová lávka pro pěši (již od roku 1868 stála asi dvacet metrů dál po proudu)	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/205522161510001-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-82
83	Vojenská (vybudována v roce 1809) a Občanská (vybudována v roce 1840) plovárna – most S. Čecha – „Eliščin“ visutý řetězový most – ostrov Štvanice – Hlávkův most – stavba plavebních komor – Helmovský jez	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/205522161510003-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-83
84	Negrelliho viadukt – Libeňský most (vybudován v roce 1928) – přístav v Holešovicích – most Barikádníků (vybudován rovněž v roce 1928) – holešovický přístav – Císařský ostrov – plavba ke zdymadlu v Podbabě (též poměrně krátký filmový záběr budov VÚV TGM) – Sedlec – Roztoky u Prahy – obec Husinec a Levý Hradec s kostelíkem sv. Klimenta – plavební kanál a jez Klecany – Libčice	http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/873537-hledani-ztraceneho-casu/205522161510004-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-84
85	Plavební kanál v Dolánkách – Masarykův most v Kralupech nad Vltavou – Nelahozeves – zdymadlo Miřejovice – Staré Ouholice – Vepřek – Dušníky nad Vltavou – Mlčechovosty – zdymadlo a jez Vraňany – obec Nelahozeves s renesančním zámkem z 2. poloviny 16. století (v jehož bohatě vyzdobených interiérech je umístěn soubor obrazů a uměleckých předmětů) – v Nelahozevsi se v roce 1841 narodil hudební skladatel A. Dvořák	
86	Plavba laterálním kanálem mezi Vraňany a Hořínem – stavba kanálu (v letech 1902–1905 /kromě samotného prokopání a vyzdění kanálu byl současně postaven jez s vorovou propustí a dvoukomorové zdymadlo u Hořína, které překonává více než osmimetrový rozdíl hladin/) – provoz na zdymadle v Hoříně – pohledy na původní úsek řeky – soutok s Labem	http://www.ceskatelevize.cz/porady/873537-hledani-ztraceneho-casu/205522161510008-hledani-ztraceneho-casu-vltava-v-obrazech-86/video/?page=9

Autor

Ing. Arnošt Kult

✉ arnost.kult@vuv.cz

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

ČVTVHS, z. s., v roce 2018

Pokud jde o odborné akce v roce 2018, lze v této chvíli uvést několik záměrů, které se časem budou zpřesňovat (názvy, popř. zaměření) a nepochybně i doplňovat dalšími. Většinou vždy 6 až 10 týdnů před konáním semináře či konference bude v naší distribuční síti téměř tři tisícům kontaktů elektronicky rozesílána pozvánka obsahující odborné i organizační informace spolu s přihláškou. Stejně podklady pak bývají k dispozici pro stažení na našich webových stránkách – www.cvtvhs.cz, popř. si o ně lze požádat na e-adrese voda@cvtvhs.cz. Přihlášku lze použít i pro více zájemců ze stejné instituce najednou a na jejím základě bude e-poštou odeslána společná faktura k úhradě vstupního poplatku – vloženého, popř. i jiných nákladů (sborník apod.). Naše společnost pro většinu odborných akcí stanoví nižší vložné pro své členy, resp. pracovníky přidružených (kolektivních) členů a pro pracovníky obecních, městských a krajských úřadů (informace o členství jsou k dispozici na webu www.cvtvhs.cz).

VYHODNOCENÍ STAVU POVRCHOVÝCH VOD ZA TŘÍLETÍ 2013–2015

Seminář se bude konat 21. 3. – sál 217, s odbornou garancí Ing. Petra Tušila, Ph.D., MBA (vedoucí ostravské pobočky VÚV TGM a člen výboru ČVTVHS), ve spolupráci nebo se záštitou VÚV TGM, v. v. i., s. p. Povodí, ČHMÚ, BC AV ČR České Budějovice, MŽP a MZe.

RADIONUKLIDY A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ XXV

Tradiční setkání se uskuteční stejně jako v uplynulých letech v Clarion Congress Hotelu v Českých Budějovicích, o přesném termínu koncem dubna 2018 se jedná. Odborným garantem je opět Ing. Eduard Hanslík, CSc., z VÚV TGM, v. v. i., a člen OS Odpadní vody a čistota vod ČVTVHS, z. s.

VALNÁ HROMADA 2018

Pravidelná akce určená výhradně pro individuální a čestné členy, pověřené zástupce přidružených členů a pozvané hosty se bude konat 24. 5. v sále 319, bude nevolební. Za organizační přípravu zodpovídá tajemník výboru Ing. Václav Bečvář, CSc.

PITNÁ VODA 2018

Hlavní pořadatel této pravidelné konference požádal o zařazení akce do distribuce jejích materiálů v naší síti. Odborným garantem je doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., z W&ET team. Konference se bude konat od 28. do 31. května 2018 v hotelu Dvořák v Táboře. Podrobnější informace jsou k dispozici na webu www.wet-team.cz.

SUCHÉ OBDOBÍ 2014–2017, VYHODNOCENÍ, DOPADY A OPATŘENÍ

V souvislosti s hydrologickou problematikou posledních let se tento seminář zaměří na vyhodnocení extrémnosti sucha z hlediska srážek, průtoků a bilance nádrží a na přehled o dopadech a opatřeních s prezentací nových výsledků, hlavně z projektu Sucho 2017 řešeného VÚV TGM, v. v. i., a ČHMÚ – tedy koncepce, typové plány, katalog opatření, systém pro hodnocení sucha apod. Předpokládá se spolupráce ČVTVHS, z. s., ČHMÚ, VÚV TGM, v. v. i., a MŽP. Seminář se bude konat 30. 5. v sále 217. Odbornou garancí byl výborem pověřen RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D. (náměstek ředitele ČHMÚ a člen výboru ČVTVHS).

AKTUÁLNÍ INFORMACE K EKONOMICE A PROVOZOVÁNÍ VODOVODŮ A KANALIZACÍ MALÝCH MĚST A OBCÍ

V návaznosti na úspěšné vzdělávací semináře konané v uplynulých dvou letech se uskuteční 13. 6. v sále 217 s odborným garantem Ing. Janem Plechatým (předseda představenstva VRV, a. s., a člen výboru ČVTVHS) další pokračování akce připravované především pro pracovníky OÚ, MÚ a KÚ.

PROBLEMATIKA REVIZÍ DOMOVNÍCH ČOV PODLE § 15A VODNÍHO ZÁKONA

Seminář se uskuteční 12. 9. v sále č. 217, na Novotného lávce č. 5., odbornou garancí byl pověřen Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D., vedoucí odd. Ochrana jakosti vod v ostravské pobočce VÚV TGM, v. v. i., a předseda odborné skupiny Odpadní vody a čistota vod ČVTVHS, z. s.

NÁRODNÍ DIALOG O VODĚ 2018 – „VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VEŘEJNÉ ZÁJMY“

Tradiční setkání vodohospodářů se sice po několika letech loni nekonalo, ale tentokrát k němu dojde ve dnech 18.–19. září, poprvé v nové destinaci Hotel Skalský Dvůr na Vysočině. Jako vždy zabezpečuje tuto akci odborně VÚV TGM, v. v. i., a výbor požádal o garanci Ing. Petra Boušku, Ph.D., náměstka ředitele ústavu.

PODZEMNÍ VODA VE VODOPRÁVNÍM ŘÍZENÍ XIV

Odborná skupina Podzemní vody se na svém jednání dne 10. 1. dohodla, že seminář uspořádá dne 1. 10. v sále 217 na Novotného lávce v Praze. Odbornou garancí převzala RNDr. Jitka Novotná, vedoucí oboru Hydrogeologie, GEOtest, a. s., Brno a předsedkyně OS Podzemní vody.

AKTUÁLNÍ PROBLEMATIKA BEZPEČNOSTI MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ A NÍZKÝCH SYPANÝCH HRÁZÍ

Jde o pravidelný seminář pořádaný odbornou skupinou Vodní toky a nádrže. Bude se konat 10. 10. v sále č. 217 na Novotného lávce a pověřeným odborným garantem je Ing. Jiří Poláček, specialista VD TBD, a. s., a člen výboru ČVTVHS, z. s.

SEMINÁŘ ADOLFA PATERY 2018 – EXTRÉMNÍ HYDROLOGICKÉ JEVY V POVODÍCH

Seminář se loni po několika letech nekonal, ale v roce 2018 se uskuteční s tradičním zaměřením dne 24. 10. v sále č. 217. Odborným garantem je jako dosud doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, zástupce vedoucího katedry hydrotechniky Stavební fakulty ČVUT a člen výboru ČVTVHS, z. s. Pozornost bude zaměřena na vodní nádrže a další opatření pro zmírnění účinků hydrologického sucha. Zařazeny budou vyzvané přednášky připravovaných opatření na jednotlivých povodích.

VODNÍ TOKY 2018

Konference s mezinárodní účastí se bude konat opět v hotelu Černigov v Hradci Králové, ve dnech 20.–21. listopadu. Hlavním pořadatelem je VRV, a. s., odborným garantem Ing. Jan Plechatý, předseda představenstva VRV, a. s., a člen výboru ČVTVHS, z. s. Naše společnost, stejně jako všechny podniky Povodí, spolupracuje při propagaci a organizaci konference.

Autor

Ing. Václav Bečvář, CSc.

✉ voda@cvtvhs.cz

tajemník ČVTVHS, z. s.

VTEI/2018/1

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 60



VTEI.cz

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

Redakční rada:

RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D., RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.,
doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.,
Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Jana Poárová, Ph.D., Mgr. Mark Rieder,
RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba

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

Šéfredaktor:

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 dubnu.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

ISSN 0322-8916

ISSN 1805-6555 (on-line)

MK ČR E 6365



VÝKLADIŠTĚ PŘEHRADA NAD VODNÍ NÁDRŽÍ ORLÍK

Přehrada a vodní nádrž Orlický na leteckém pohledu od Deponek. Zde končila železniční vlečka z Tochovic, kterou byla zásobována stavba přehrady. Trať byla zprovozněna v roce 1958, do roku 1962 přepravila pomocí dvou parních lokomotiv 2 150 000 tun materiálu. Dnes je na jejím místě chatová osada. V roce 1997 byl vytrhán železniční svršek. *Text a fotografii dodal Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz