

Hydrologické dny 2021

IX. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů



HYDROLOGICKÉ DNY 2021

**IX. národní konference českých a slovenských
hydrologů a vodohospodářů**

9. – 10. 9. 2021 Brno

Sborník rozšířených abstraktů

Praha 2021


**Český
hydrometeorologický
ústav**

Hlavní organizátor


Český
hydrometeorologický
ústav

Pod záštitou



Spolupracující organizace

Česká vědeckotechnická
vodohospodářská společnost



Povodí Moravy, s. p.



Český národní výbor pro hydrologii

Český národní
výbor pro hydrologii

Český národní
výbor pro hydrologii

CREA Hydro & Energy, z. s.

CREA 
Hydro & Energy

© Český hydrometeorologický ústav
ISBN 978-80-7653-019-5

Obsah

Úvodní slovo	6
TÉMA 1	
POZOROVÁNÍ, NOVÉ METODY MĚŘENÍ, BIG DATA, HISTORICKÁ VARIABILITA A PROXYDATA.....	7
Vyhodnocení vodnosti na tocích v Jihomoravském kraji za posledních 40 let.....	8
Pavel COUFAL	
Odhad vplyvu zmien lesných plôch na odtok v horskom povodí	10
Michaela DANÁČOVÁ, Marija Mihaela LABAT, Gabriel FOLDES, Silvia KOHNOVÁ, Kamila HLAVČOVÁ, Ján SZOLGAY	
Mikrovlnné spoje jako senzory absolutní vlhkosti vzduchu	12
Martin FENCL, Vojtěch BAREŠ	
Srovnání dvou ultrazvukových metod pro měření dna vodního toku.....	14
Zdenka KRMELOVÁ	
Trendy ve vydatnosti pramenů v Česku – aktualizace poznatků.....	16
Ondřej LEDVINKA, Anna LAMAČOVÁ	
Využití ADCP ke sledování prostorové distribuce plavenin v profilu Morava – Lanžhot 18	18
Libor MIKL, Pavel STIERAND, Robert ŽALIO, Jarmila HALÍŘOVÁ, Vít KODEŠ	
Významnosť a veľkosť trendov minimálnych a priemerných ročných prietokov na Slovensku za obdobie 1961–2015 a ich zmeny v porovnaní s referenčným obdobím 1961–2000.	20
Viliam ŠIMOR, Ľudovít ĽUPTÁK	
Vliv jarního nasycení území na nízké letní průtoky v horských povodích.....	22
Václav ŠÍPEK, Michal JENÍČEK, Jan HNILICA, Nikol ZELÍKOVÁ	
Návrh metodiky posúdenia povodňového rizika	24
Mária ŠUGAREKOVÁ, Martina ZELENÁKOVÁ	
Režim průtoků na vybraných povodích ČR ve vztahu na průběh hladin podzemních vod v mělkých vrtech	26
Radovan TYL, Pavel KUKLA	
TÉMA 2	
HYDROLOGICKÉ EXTRÉMY, MODELOVÁNÍ A PREDIKCE.....	28
Charakteristiky sucha a ich zmeny vo vybraných vodomerných stanicích na Slovensku v období 2001–2020 voči referenčnému obdobiu 1961–2000	29
Lotta BLAŠKOVIČOVÁ, Katarína MELOVÁ, Soňa LIOVÁ, Jana PODOLINSKÁ, Beáta SÍČOVÁ, Martin GROHOL	
Hydrologická situácia na slovenských tokoch z pohľadu hodnotenia hydrologického sucha v období 2011–2020	31
Zuzana DANÁČOVÁ, Katarína JENEIOVÁ, Lotta BLAŠKOVIČOVÁ	

Identifikácia výskytu historických súch na Dunaji a jeho prítokoch	33
Dana HALMOVÁ, Pavla PEKÁROVÁ, Jakub MÉSZÁROS, Pavol MIKLÁNEK, Veronika BAČOVÁ MITKOVÁ	
Subdaily precipitation extremes in a changing climate	35
Martin HANEL, Petr Máca, Filip STRNAD	
Neistoty klimatických impaktových štúdií v hydrologických aplikáciách	37
Hana HLAVÁČIKOVÁ, Eva KOPÁČIKOVÁ, Danica LEŠKOVÁ	
Povodňové situácie roku 2020 pohľadom Regionálneho predpovedného pracovišťa ČHMÚ Ostrava	39
Alena KAMÍNKOVÁ, Ondřej KOSÍK, Jarmila ŠUSTKOVÁ	
Testovanie simulačného modelu kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd na pilotnom území podľa metodiky SR.....	41
Miroslav KANDERA, Zuzana DANÁČOVÁ, Ľubica LOVÁSOVÁ, Roman VÝLETA	
Analýza budúcich zmien krátkodobých úhrnov dažďov na území Slovenska	43
Gabriel FÖLDES, Silvia KOHNOVÁ	
Varovný systém lokálnych povodní založený na merení infiltrácie srážek.....	45
Zbyněk KULHAVÝ, Jana KALIBOVÁ, Pavel KREJZEK	
Modelovanie vplyvu zmeny využívania územia na intenzitu eróznio-odtokových procesov pomocou fyzikálnych a empirických modelov.....	47
Zuzana NĚMETOVÁ, Silvia KOHNOVÁ	
Vplyv rozdielnej priestorovej reprezentácie krajinného pokryvu a kvartérnej geológie na výsledky prepojeného modelu MIKE SHE/MIKE11	49
Stanislav RUMAN, Tom BALL, Andrew R.BLACK, Julian R. THOMPSON	
Modelování hydrologické odezvy zelených střech – aktuální výzvy	51
Vojtěch SKALA, Michal DOHNAL	
Srovnání hydro-dynamických charakteristik povrchového odtoku generovaného přivalovými povodněmi v geologicky rozdílných oblastech Českého masivu a Západních Karpat	53
Vilém SPÁLOVSKÝ, Stanislav RUMAN, Milan TRIZNA	
Rozvoj metod odvozování základních hydrologických údajů povrchových vod.....	55
Petr ŠERCL	
HORA – celonárodné mapovanie povodňových rizík v Rakúsku.....	57
Peter VALENT, Günter BLÖSCHL, Juraj PÁRAJKA, Jürgen KOMMA, Andreas BUTTINGER- KREUZHUBER, Zsolt HORVÁTH, Jürgen WASER, Michael WIMMER, Markus HOLLAUS, Andreas REITHOFFER, Julia EISL, Michael HOFER	
Hydrologické sucho na horních tocích šumavských, krušnohorských a krkonošských řek: Poznatky z posledního půlstoletí	59
Vojtěch VLACH, Ondřej LEDVINKA, Milada MATOUŠKOVÁ	
Post-processing krátkodobých hydrologických předpovědí pomocí aplikace metody DRESSING	61
Tomáš VLASÁK, Jakub KREJČÍ	

Simulácia extrémnych meteorologických udalostí stochastickým generátorom počasia	63
Roman VÝLETA, Ján SZOLGAY	
Projekt DAREFFORT – Medzinárodná spolupráca a výmena údajov v oblasti predpovedných systémov v povodí Dunaja	65
Valéria WENDLOVÁ, Marcel ZVOLENSKÝ	
TÉMA 3	
EKOHYDROLOGIE, SPOLEČENSKÉ POTŘEBY A VZDĚLÁVÁNÍ V HYDROLOGII A VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ	67
Zavodňování lužního lesa při soutoku Moravy a Dyje	68
Jana MATULOVÁ, Karel KNĚŽÍNEK, Hana HORNOVÁ	
Kvalita vody v povodí jihočeské Blanice.....	70
Kateřina FRAINDOVÁ, Milada MATOUŠKOVÁ, Zdeněk KLIMENT, Vojtěch VLACH	
River restoration measures and assessment of restoration effects	72
Milada MATOUSKOVA, Zdenek KLIMENT, Katerina FRAINDOVA, Miroslav SOBR, Jana HUJSLOVA, Barbora NOVAKOVA	
Exponovanost obyvatelstva Česka vůči hydrometeorologickým rizikům.....	74
Vojtěch SVOBODA, Martin PECHA, Ondřej LEDVINKA	
K potrebe zmeny smerovania obsahu a rozsahu vzdelávania v hydrológii v SR	76
Ján SZOLGAY	
Stabilní izotopy vodíku a kyslíku v hydrologické praxi.....	78
Martin ŠANDA	
Dopad odběrů vody pro účely technického zasněžování na toky v Krkonoších.....	80
Pavel TREML	
Aktualizace rozvodnic základních ploch povodí 4. řádu s využitím DMR5G jako klíčového podkladu při odvozování hydrologických údajů.....	82
Radovan TYL, Jana MATULOVÁ	
Brakická voda v NPR Libický luh: Hlubinný zdroj, kontaminace, nebo důsledek ploché hladiny a evapotranspirace lužních lesů?.....	84
Tomáš WEISS, Jiří BRUTHANS	
Přípravný výbor konference	87

Úvodní slovo

První konference, které jsem se jako hydrologický elév Českého hydrometeorologického ústavu zúčastnil, byly Hydrologické dny 2000 v Plzni. Dovolte mi proto být v tomto úvodu o něco více osobní, nežli bývá běžné.

Při vzpomínce na plzeňské Hydrologické dny se mi dnes popravdě nevybaví žádná z přednášek, ale vzpomínám si spíše na celkovou atmosféru celé akce, která pro mne byla uvedením do široké rodiny hydrologů. Právě zde jsem se poprvé setkal s mnohými kolegy, s nimiž mám tu čest pracovat dodnes, a musím jim poděkovat za to, jak bezprostředně mě přijali za svého. Zpětně mohu hodnotit, že právě otevřenost a pohodovost všech lidí, které jsem potkal, byla jedním z důvodů, proč jsem se rád stal (a zůstávám) hydrologem.

Tehdejší atmosféra však obsahovala i takový nádech výjimečnosti akce, jakoby říkala: „tohle není nějaká konference, to je TA konference“.

Jistě, rok 2000 byl spíše ještě rokem staré analogové doby, kdy k článkům a výsledkům práce kolegů se člověk dostával především na stránkách papírových časopisů, nebo právě na konferencích. V tomto se svět velmi proměnil a dnes jsou informace „na jeden klik daleko“. I proto jsme konferenci Hydrologických dnů chtěli tentokrát pojmout poněkud odlišně – chtěli jsme dát prostor diskusi nad směřováním české a slovenské hydrologie v kontextu okolních vlivů, jež na ně působí. Nepředpokládali jsme však, že nám pandemie COVID-19 neumožní naplnit ten hlavní cíl Hydrologických dnů, a sice jednou za delší dobu se osobně setkat a na pár dní vytvořit tu zvláštní atmosféru, o které píše výše.

Tentokrát jsou tedy Hydrologické dny „jinou konferencí“, ale přesto mají svůj význam a naplňují to, co se od konference čeká – sdílení poznatků mezi kolegy. A naštěstí nejen formou virtuálních prezentací, ale i v podobě tohoto sborníku příspěvků, který se zařadí k předchozím publikacím poskytujícím průřez aktuálními problémy a úkoly řešenými na území České a Slovenské republiky v oblasti hydrologie. Za to, že i ve složitých podmínkách vznikl, patří dík všem autorům a editorům.

Projděte tedy následující stránky, a pokud Vás nějaký z příspěvků zaujme, prosím kontaktujte jeho autora, tak jak byste to udělali na konferenci o nejbližší přestávce či později večer, vždyť právě z dialogu nad hydrologickými problémy a jejich možným řešení vznikají kroky směrem dál.

Jan Daňhelka

Téma 1

Pozorování, nové metody měření, big data, historická variabilita a proxydata



Vyhodnocení vodnosti na tocích v Jihomoravském kraji za posledních 40 let

Pavel COUFAL

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Česká republika, email: pavel.coufal@chmi.cz

Úvod

Jihomoravský kraj je z hlediska hydrografie specifický v tom, že jeho větší část leží v ploché sníženině, kde ty největší vodní toky na Moravě mají svá zaústění. Řeka Morava, odvodňující Jeseníky a Beskydy, či Svratka, protékající městem Brnem, přivádí vodu z plochy několika tisíc kilometrů čtverečních. Tyto vodní toky protékají většími městy, kde případné zvýšení či delší pokles průtoků na historická minima mohou mít výrazný vliv na socioekonomickou sféru. Cílem tohoto konceptu je vyhodnotit vodnost (maxima i minima) na vybraných vodoměrných stanicích sítě ČHMÚ za období 40 let. Zjištěné skutečnosti poté použít ke srovnání řad M-denních průtoků v pozorovaných profilech mezi aktuálním referenčním obdobím 1981–2010 a nově navrženým obdobím 1991–2020. Tyto vyhodnocené řady se používají v aplikované hydrologii jako podklad pro poskytování standardních hydrologických údajů povrchových vod dle ČSN 75 1400.

Metodika

Výběr vhodných vodoměrných stanic

Před samotnou analýzou vodnosti na tocích v Jihomoravském kraji bylo nejdříve nutné vybrat vhodné vodoměrné stanice, aby odpovídaly kritériu v délce časové řady denních průtoků 40 let, tzn. od 1. 11. 1980 do 31. 10. 2020 (použit hydrologický rok). Délka období 40 let byla vybrána z toho důvodu, že odpovídá počátku časové řady denních průtoků, která sloužila k vyhodnocení referenčního období 1981–2010, které se dosud používá v aplikované hydrologii při poskytování hydrologických údajů podle ČSN 75 1400. To vše proto, aby došlo k překryvu mezi oběma řešenými referenčními obdobími a následnému vyjádření rozdílů mezi nimi.

Zpracování časových řad a vyhodnocení řady M-denních průtoků

Z důvodu přehlednosti a poskytnutí přehledu o vodnostech v daných letech byly údaje o vodnosti graficky vyjádřeny v průměrných ročních průtocích s vyznačením referenčních období. Srovnání řad M-denních průtoků bude vyjádřeno v tabelární podobě. Pro následné hodnocení rozdílů dlouhodobého průměrného průtoku a řad M-denních průtoků ve vodoměrných stanicích mezi aktuálně používaným (1981–2010) a nově navrženým referenčním obdobím (1991–2020) bylo použito průměrných denních průtoků, které byly převedeny do křivky překročení průtoků s využitím pravděpodobnosti stanovené dle vzorce Čegodajevova [1].

$$p = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \quad (1)$$

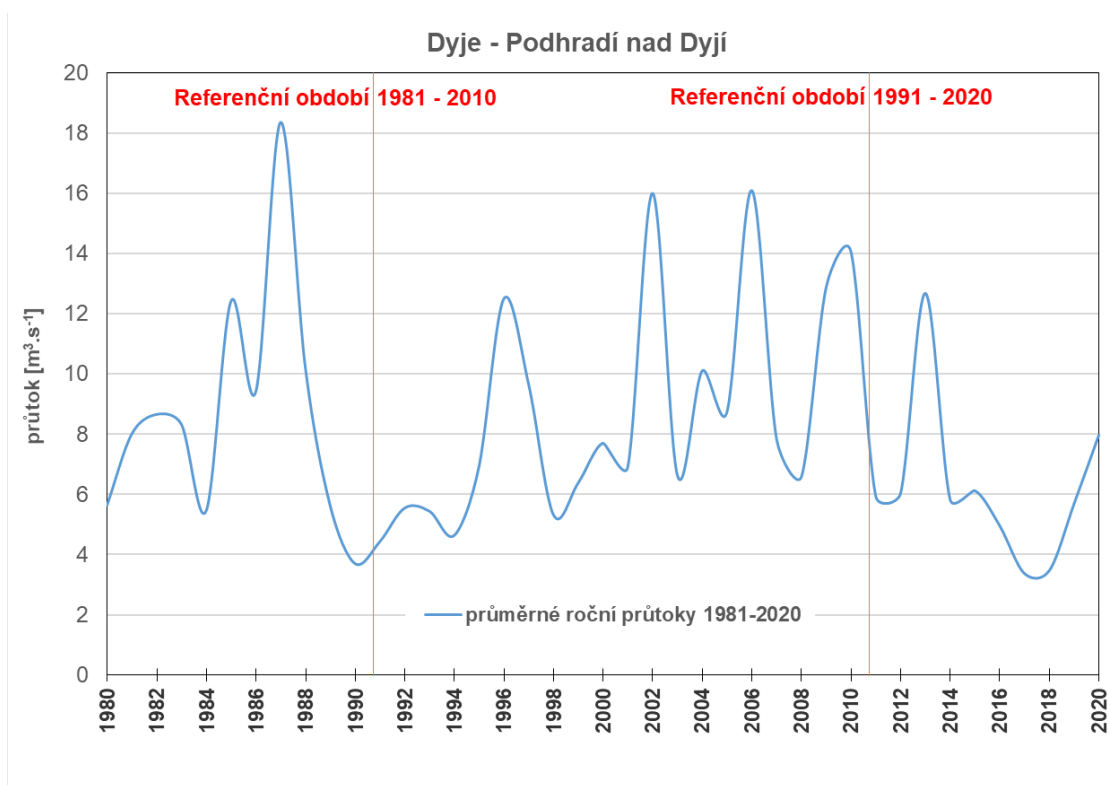
Kde m je pořadí dané hodnoty v časové řadě, která je uspořádaná sestupně (tzn. že na prvním místě je nejvyšší hodnota denního průtoku za 30 let) a n je počet hodnot v časové řadě (za 30 let jde o bezmála 10 960 hodnot denních průtoků). Vzorec Čegodajevova k výpočtu pravděpodobnosti překročení je použito z toho důvodu, že pracujeme s časovými řadami průtoků, které jsou prakticky vždy výběrovým výsekem ze základního statistického souboru, u kterého neznáme všechny hodnoty, jež by se mohly pravděpodobně v dané časové řadě vyskytnout. Poslední člen řady tedy nemá pravděpodobnost výskytu 1 neboli 100 %, ale má pravděpodobnost nižší (Němec, 1964).

Z vyjádřené křivky překročení je pak možné odvodit k dané pravděpodobnosti hodnotu průtoku. Takže například pro vyjádření 355-denního průtoku odvodíme z křivky překročení hodnotu s pravděpodobností výskytu 97 %. Hodnotu dlouhodobého průměrného průtoku pak spočítáme jako aritmetický průměr všech denních průtoků za 30 let. Vyhodnocení N-letých průtoků není cílem tohoto konceptu.

Výsledky

Na příkladu vodoměrné stanice Podhradí nad Dyjí za období posledních 40-ti let jsou zřejmá období s maximálními i minimálními ročními průtoky (viz Obr.1). Nejvíce jsou patrné výrazné poklesy ročních průtoků na přelomu 80. až 90. let a také mezi léty 2016 až 2019. Zde se průtoky propadly do minim, kdy průměrný roční průtok poklesl výrazně pod $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (v průměrných denních průtocích především v srpnu 2018 průtoky klesaly až

k historickým minimům). Maximální průtoky se vyskytly v dobách významných povodňových událostí v letech 1985-88, 1996, 2002-06, 2009-10 a také v roce 2013.



Obr. 1 Průměrné roční průtoky ve vodoměrné stanici Podhradí nad Dyjí za období od listopadu 1980 do října 2020 s vyznačením referenčních období.

Oproti referenčnímu období 1981–2010 nově navrhované období 1991–2020 zahrnuje navíc delší období s méně vodnými roky (2014–2019) než v předchozím případě (zde jen v letech 1983/84 a 1989/90). V tomto případě neuvažujeme s překryvným obdobím 1991–2010. Z výsledků srovnání řad M-denních průtoků za obě období je zřejmé, že dlouhodobý průměrný průtok Q_a za období 1991–2020 bude o 11 % nižší než za období předchozí. Minimální hodnoty v řadě M-denních průtoků budou nižší až o 45 % (364-denní průtok) právě kvůli již zmiňovaným poklesům průtoků v letech 2016 až 2018 (denní průtoky mnohdy klesly pod $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Závěr

Na základě výše zmíněných výsledků je zřejmé, že suché období 2015 až 2020 hrálo významnější roli ve vodnostech v Jihomoravském kraji než suché období v 90. letech. Vliv tohoto suchého období se v případě stanice Podhradí nad Dyjí projevil v tom, že nově vyhodnocené M-denní průtoky za referenční období 1991–2020 budou v průměru nižší než za stále platné referenční období 1981–2010. Tento pokles je patrný nejvíce v kvantilech kolem 300-denního až 364-denního průtoky, které reprezentují minimální průtoky v daném vodním toku. Tyto výsledky poslouží pro praktické použití v aplikované hydrologii, např. jako podklad pro stanovení minimálních zůstatkových průtoků ve vodohospodářské správě a jiné další účely v rámci poskytování standardních hydrologických údajů povrchových vod dle ČSN 75 1400.

Zdroje

Němec, Jaromír (1964). Inženýrská hydrologie, SNTL, 236 s.

Odhad vplyvu zmien lesných plôch na odtok v horskom povodí

Michaela DANÁČOVÁ, Marija Mihaela LABAT, Gabriel FOLDES, Silvia KOHNOVÁ, Kamila HLAVČOVÁ, Ján SZOLGAY

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra vodného hospodárstva krajiny, Slovensko
email: michaela.danacova@stuba.sk, marija.labat@stuba.sk, gabriel.foldes@stuba.sk, silvia.kohnova@stuba.sk, kamila.hlavcova@stuba.sk, jan.szolgay@stuba.sk

Úvod

Za posledných dvadsať rokov sa vyskytlo oblasti Nízkych Tatier niekoľko rozsiahlejších lesných kalamít. Pôvodcom týchto kalamít bol predovšetkým abiotický faktor, ako je vietor, sneh alebo ľad, prípadne ich kombinácia. Tieto veterné kalamity spôsobili zmenu využitia krajiny, čo malo za následok aj zmeny odtoku v povodí. Cieľom príspevku je odhadnúť vplyv odlesňovania v dôsledku veterných kalamít na odtok na vybranom horskom povodí toku Boca.

Metodika

Zaujímavým územím bolo povodie toku Boca, ľavostranný prítok Váhu prameniacy v Národnom parku Nízke Tatry. Plocha povodia po záverečný profil vodomernej stanice Malužiná je 82 km². V povodí prevládajú hlinité a piesočnato-hlinité pôdy a plocha povodia je z väčšej časti zalesnená, nachádzajú sa tu smrekové a zmiešané lesy. Táto plocha lesov má však znižujúci trend v dôsledku ťažby dreva po výskyte kalamít alebo jej následkov.

Zmeny vo využívaní pôdy sa v prvom kroku hodnotili z dostupných historických a súčasných digitálnych máp, kde sa dôraz kládol predovšetkým na zmeny v lesných porastoch. Z databázy CORINE Land Cover (CLC) boli použité vektorové vrstvy z obdobia rokov 1990, 2006, 2012 a 2018.

Následne boli zmeny odtokových podmienok hodnotené na základe posúdenia zmien nameraných časových radov hydrometeorologických údajov (mesačné a ročné prietoky, teploty vzduchu a zrážkové úhrny) za roky 1981–2018. Vyhodnotenie zmien nameraných meteorologických údajov pozostávalo z analýz trendov a porovnania období pred a po výskyte najvýznamnejšej veternej kalamity, ktorá bola zaznamenaná v roku 2004. Na stanovenie návrhových kulminačných prietokov a zmien v nich bol použitá metodika SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number, USDA-SCS, 2004), kde boli odhadnuté návrhové prietoky pre obdobia pred a po významných veterných kalamitách pre rôzne intenzity dažďa a doby opakovania. Návrhové hodnoty intenzít krátkodobých dažďov sa získali pomocou metódy jednoduchého škálovania (viac napr. Koutsoyiannis a kol. 1993). Pre odhad vývoja návrhových prietokov bol použitý regionálny klimatický scenár (RCM, scenáre spracované na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie) pre obdobie 2070–2100, ktorý sa použil na hodnotenie súčasného vplyvu zmeny klímy na predpovedané zmeny v návrhových tokoch v nasledujúcich desaťročiach.

Výsledky

Na základe analýzy máp CLC z obdobia rokov 1990–2018 boli identifikované zmeny vo využívaní pôdy pred a po výskyte veterných kalamít. Z porovnania môžeme konštatovať, že po najvýznamnejšej veternej kalamite „Alžbeta“ v roku 2004 sa lesné plochy (ihličnaté a zmiešané) zmenšili z 83% na 79%. Po veternej kalamite „Kyril“ v roku 2006 sa plochy lesov znížili zo 79% na 50%. Počas celého sledovaného obdobia rokov 1990–2018 sa zalesnená plocha v povodí znížila z 83% na 47%, čo predstavuje takmer 36%.

Z trendovej analýzy priemerného ročného odtoku sa zistil očakávaný rastúci trend. Hodnotené boli aj mesačné trendy, a porovnané bolo aj obdobie pred a po prvej významnej kalamite t.j. 1981–2004 a 2005–2018 (ako aj po kalamite a celom období), kde bol zistený pokles prietokov v júni a ostatné mesiace mali rastúci trend. Najväčší rozptyl v rámci mesiacov bol zoznamovaný v mesiaci apríl a máj, čo sa dalo očakávať kvôli jarnému topeniu snehovej pokrývky. Analýza údajov o zrážkach taktiež poukázala na vzostupný trend ročných úhrnov. Porovnanie dvoch období pred a po kalamite „Alžbeta“, ako aj po kalamite a celom období ukázalo nižšie celkové zrážky v apríli a októbri. Očakávaný rastúci trend teplôt sa zistil aj v tomto prípade. Zaujímavým zistením bolo, že zvýšenie priemernej mesačnej teploty sa prejavilo vo všetkých mesiacoch okrem júla a najvýraznejší rozdiel oproti dvomi obdobiam je v apríli. To pravdepodobne vedie aj k zvýšeniu odtoku z povodia na jar, najmä v apríli.

Pre odhad N-ročných návrhových prietokov boli použité návrhové hodnoty zrážok zo skutočných pozorovaní z klimatologickej stanice Vyšná Boca a mapy využitia územia CLC pre roky 1990 a 2018. Návrhové prietoky (QN) boli odhadnuté pre dobu opakovania 10, 20, 50 a 100 rokov pomocou metódy SCS-CN. Z výsledkov môžeme usúdiť, že vplyv zmien vo využívaní krajiny významne ovplyvnil hodnoty návrhových prietokov. V povodí Boce bol nárast odtoku spôsobený konkrétne odlesňovaním (približne 40% úbytok lesov v období 1990–2018). Pri porovnaní výsledkov odhadu návrhových prietokov pre skutočné návrhové hodnoty intenzít zrážok a návrhových hodnôt intenzít zrážok z budúcich scenárov možno dospieť k záveru, že výsledky predpovedajú ešte vyššie hodnoty návrhových prietokov (Tab. 1). V povodí rieky Boca sa odhadovaný návrhový prietok zvýšil o 59%, v prípade doby opakovania 100 rokov.

Tab. 1 Porovnanie odhadu návrhových prietokov pri reálnych hodnôt intenzít zrážok a návrhové hodnoty intenzít zrážok z budúcich scenárov.

N	1990				2018				scenár 2070–2100			
	P	CNW	S	QN	P	CNW	S	QN	P	CNW	S	QN
	[mm]	[-]	[mm]	[m ³ .s ⁻¹]	[mm]	[-]	[mm]	[m ³ .s ⁻¹]	[mm]	[-]	[mm]	[m ³ .s ⁻¹]
10	26	55.18	198	34.60	25	62.40	153	45.42	27	62.40	153	52.07
20	30			44.88	29			58.71	33			75.23
50	35			60.37	33			78.63	41			114.59
100	39			73.66	37			95.64	48			152.23

Závery

Priamy vzťah medzi nárastom alebo poklesom celkových zrážok na režim odtoku sa nevyskytol. Hodnotené boli ročné a mesačné úhrny zrážok, prietoky a aj teploty vzduchu. Pri analýze zmien využitia územia podľa máp CLC sa potvrdila skutočnosť, že odlesnenie v tomto povodí je v horizonte sledovaného obdobia 1990–2018 až skoro 40%. Pri odhade návrhových prietokov pre doby opakovania 10, 20, 50 a 100 sa prejavilo odlesnenie zvýšením odtoku v porovnaní pred a po výskyte najväčšej veternej kalamite v záujmovom území. A pri hodnotení a spracovaní výsledkov z budúcich scenárov sme dospeli k záveru, že výsledky odhadov predpovedajú ešte vyššie hodnoty návrhových prietokov.

PodĎakovanie

Túto prácu podporila Slovenská agentúra pre výskum a vývoj na základe zmlúv č. APVV-19-0340, APVV-18-0347, Grantovej agentúry VEGA č. 1/0632/19. Autori ďakujú agentúram za podporu výskumu.

Zdroje

USDA-SCS (2004) Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. National Engineering Handbook, Part 630 - Hydrology. United States Department of Agriculture – Soil Conservation Service, Washington DC, 1954. new 2004.

COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE. CORINE Land Cover. Copernicus Programme [online]. Dostupné na: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.

Koutsoyiannis, D., Foufoula-Georgiu, E. (1993). A scaling model of storm hyetograph, *Water Resources Research*, Vol. 29, No. 7, 1993, pp. 2345–2361.

Mikrovlnné spoje jako senzory absolutní vlhkosti vzduchu

Martin FENCL, Vojtěch BAREŠ

Katedra hydrauliky a hydrologie, Stavební fakulta, ČVUT v Praze, email: martin.fencl@cvut.cz,
vojtech.bares@cvut.cz

Úvod

Hustota vodní páry představuje důležitou veličinu využitelnou např. pro predikci iniciace konvektivních srážek či odhad evapotranspirace. Sítě mobilních operátorů jsou v současnosti masivně doplňovány rádiovými spojeními typu bod-bod operujícími ve frekvenčním pásmu 71–76 GHz a 81–86 GHz, tzv. E-band mikrovlnnými (MV) spoji. Elektromagnetické vlnění je na těchto frekvencích výrazně tlumeno vodní parou a MV spoje tak mohou sloužit jako online senzory absolutní vlhkosti vzduchu. Celkové útlumy MV spojů jsou totiž z provozních důvodů monitorovány a tato data lze z celé sítě sbírat v reálném čase. Pro odhad absolutní vlhkosti vzduchu je však nutné separovat útlum vodní parou od útlumů způsobených ostatními vlivy, tj. např. ztráty způsobené hardwarem spoje, útlum ve volném prostoru, ale také útlum dešťovými srážkami, či útlum způsobený vlhkostí na krytu antény. Vztah mezi útlumem vodní parou a hustotou vodní páry navíc částečně závisí na teplotě vzduchu. Tento příspěvek prezentuje experimentální ověření možnosti využít E-band MV spoje jako senzory absolutní vlhkosti vzduchu.

Materiál a metody

Schopnost odhadovat hustotu vodní páry je vyhodnocena na MV spoji o délce 4.87 km provozovaném v rámci telekomunikační sítě společnosti T-Mobile CZ v lokalitě Praha Háje a Uhřetěves. Jde o běžný komerční plně duplexní MV spoj Ericsson MINILINK operující na frekvencích 73.5 GHz a 83.5 GHz. U koncových bodů MV spoje, tj. na 65 m vysoké výškové budově v Praze Hájích a na střeše policejní stanice v Praze Uhřetěvesi, byly umístěny dva člunkové srážkoměry typu MR3, METOSERVIS osazené teplotními a vlhkostními čidly měřící veličiny s krokem 5 min. Pro vyhodnocení schopnosti MV spoje odhadnout hustotu vodní páry jsou použita data z období od 10. března do 1. října 2019. Vyhodnocení je provedeno pouze pro období neovlivněná deštěm a vlnutím antén, která tvoří přibližně dvě třetiny datového setu. Dále jsou využita dlouhodobá data z profesionální stanice ČHMU Praha-Libuš vzdálená cca 6.5–11 km od MV spoje.

Útlum vodní parou je od ostatních vlivů separován odečtením pozadového útlumu, který je uvažován jako konstantní během celého evaluačního období. Pro přepočítání útlumu na hustotu vodní páry Ω [g m^{-3}] je navržen empirický model aproximující komplexní Liebeho model (Liebe a kol., 1993) mocninou funkcí:

$$\Omega = \gamma k_{wv(T=10^\circ\text{C})}^\delta \quad (1)$$

kde γ [$\text{dB}^{-\delta} \text{km}^\delta \text{g m}^{-3}$] a δ [-] jsou empirické parametry a $k_{wv(T=10^\circ\text{C})}$ [dB km^{-1}] je specifický útlum vodní parou při teplotě 10°C . Specifický útlum při jiných teplotách je přepočítáván na útlum při 10°C rovnicemi (2) a (3):

$$k_{wv(T=10^\circ\text{C})} = (k_{obs} - k_{air}(T)) \left(1 - \frac{\epsilon}{T-10}\right) \quad (2)$$

$$k_{air} = \frac{T(k_{air}(T=0^\circ\text{C}) - k_{air}(T=20^\circ\text{C}))}{20} + k_{air}(T=20^\circ\text{C}) \quad (3)$$

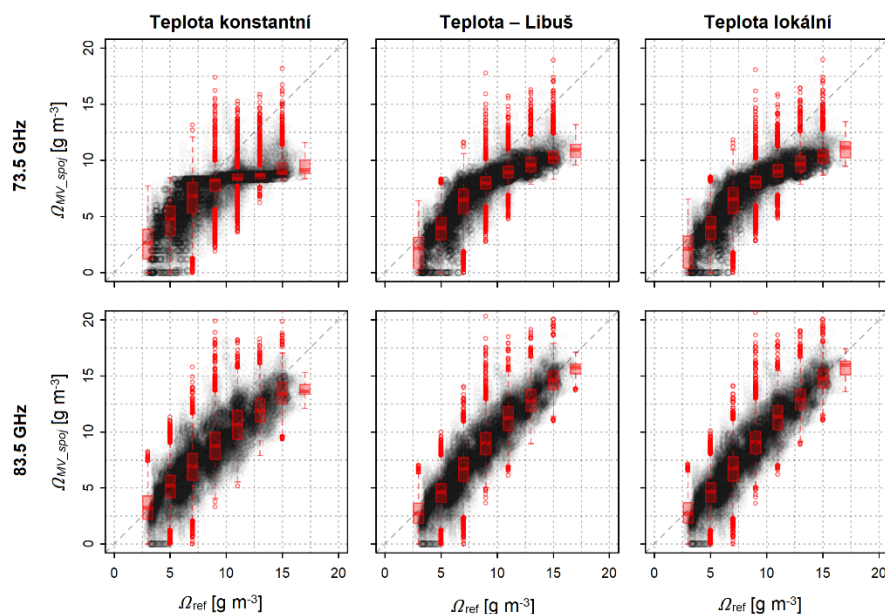
kde k_{obs} je pozorovaný útlum vodní parou, k_{air} je útlum suchým vzduchem při teplotě T [$^\circ\text{C}$] a ϵ [$^\circ\text{C km dB}^{-1}$] je empirický parametr. Ten je aproximován lineární funkcí (3), do které vstupují hodnoty útlumu suchým vzduchem vypočtené pro danou frekvenci Liebeho modelem.

Hustota vodní páry je odhadnuta zvlášť pro každou z frekvencí pro tři scénáře měření teploty: i) konstantní teplota stanovená jako medián naměřených teplot, ii) teplota naměřená na vzdálené stanici Praha-Libuš, iii) teplota měřená lokálně na koncových bodech MV spoje.

Referenční hodnoty hustoty vodní páry podél MV spoje jsou vypočteny z měřených teplot a relativních vlhkostí vzduchu na koncových bodech spoje pomocí aproximace Clausius-Clapeyronovy rovnice dle Aduchova (1997). Vypočtené hodnoty z obou lokalit jsou následně zprůměrovány.

Výsledky a závěry

Odhad hustoty vodní páry je na Obr. 1 porovnán pro celé období s referenčním měřením. 73.5 GHz kanál MV spoje vykazuje větší chyby než 83.5 GHz kanál. Odhad uvažující konstantní teplotu ve všech metrikách za odhady s proměnnou teplotou zaostává (Tab. 1). Využití lokální teploty vede k prakticky totožným výsledkům jako využití teploty ze vzdálené stanice. Neuspokojivá přesnost 73.5 GHz kanálu je částečně způsobena sníženou citlivostí nižších frekvencí na útlum vodní parou, chybné odhady pro hustotu vodní páry vyšší 7 g m^{-3} však pravděpodobně souvisí s hardwarem MV spoje.



Obr. 1 Pozorovaná a odhadnutá hustota vodní páry pro frekvence 73.5 a 83.5 GHz s využitím různých teplotních vstupů. Boxploty jsou zkonstruovány pro intervaly o šířce 2 g m^{-3} .

Tab. 1 Statistické vyhodnocení odhadu hustoty vodní páry

Statistika	73.5 GHz			83.5 GHz		
	T. konstantní	T. Libuš	T. lokální	T. konstantní	T. Libuš	T. lokální
RMSE [g m^{-3}]	2,65	2,3	2,26	1,74	1,46	1,48
Relativní chyba [g m^{-3}]	-0,2	-0,19	-0,18	-0,04	-0,03	-0,02
R^2	0,75	0,85	0,85	0,86	0,92	0,92

Výsledky studie demonstrují schopnost MV spojů dlouhých několik kilometrů operujících v pásmu 71–86 GHz odhadovat hustotu vodní páry během suchých období. E-band MV spoje tak představují alternativní zdroj dat o atmosféře v blízkosti zemského povrchu. V současnosti je v České republice provozováno téměř 8000 těchto spojů a toto číslo stále roste. Přes 2000 z nich je delších než 2 km a tedy potenciálně vhodných pro odhad hustoty vodní páry.

Zdroje

Alduchov, O. A. and Eskridge, R. E.: Improved Magnus Form Approximation of Saturation Vapor Pressure, *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 35, 601–609, [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1996\)035<0601:IMFAOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1996)035<0601:IMFAOS>2.0.CO;2), 1996.

Liebe, H. J., Hufford, G. A., and Cotton, M. G.: Propagation modeling of moist air and suspended water/ice particles at frequencies below 1000 GHz, AGARD, Atmospheric Propagation Effects Through Natural and Man-Made Obscurants for Visible to MM-Wave Radiation 11 p (SEE N94-30495 08-32), 1993.

Srovnání dvou ultrazvukových metod pro měření dna vodního toku

Zdenka KRMELOVÁ

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, 30. dubna 22, 701 03 Ostrava, email: P20158@student.osu.cz, zdenkarmelova@seznam.cz

Úvod

Cílem bylo porovnávání dvou ultrazvukových metod měření dna vodního toku se dvěma různými skenery, každý s jiným principem sběru dat, následná tvorba modelu koryta pod vodní hladinou a zjištění, který skener/která metoda je pro tvorbu modelu lepší a přesnější.

Metodika

Pro porovnávání modelů byly zvoleny tři způsoby zaměření vodního dna. Zaměření sonarem RiverSurveyor S5 pomocí ultrazvukové batymetrie (Single beam echo sounder SBES), zaměření sonarem GeoSwath 4R společnosti Kongsberg (Multibeam echo sounder MBES) a pro kontrolu přesnosti byly geodeticky zaměřeny dva vybrané profily pomocí tachymetrické metody. Touto metodou byly v průběhu měření zaměřeny i všechny břehové linie. Měření probíhala na 600 m dlouhém úseku řeky Odry v lokalitě Polanka and Odrou.

Technické specifikace sonarů jsou v práci převzaty ze Sontek A Xylem Brand: RiverSurveyor® S5 and M9 a Kongsberg Geoacoustics LTD: GeoSwath 4R.

Měření příčných profilů probíhalo pomocí soustavy ADCP pro ultrazvukovou batymetrii (RiverSurveyor S5). Všechny profily byly měřeny minimálně dvakrát (tam a zpět), zároveň byly geodeticky zaměřeny jejich začátky a konce u hladiny pro pozdější přesné vlícování do souřadnicového systému S-JTSK a přiřazení nadmořských výšek ve výškovém systému Balt po vyrovnání.

Pro skenování dna byl použit sonar GeoSwath 4R společnosti Kongsberg. Během měření museli být na člunu dva měřiči – jeden, který pádloval a druhý obsluhující počítač. Plovák se skenerem a GNSS přijímačem byl tažen pomalu za člunem. Koryto bylo skenováno celkem čtyřikrát, aby byla pokryta jak pravá, tak levá strana koryta, včetně jeho středu. Geodeticky byla zaměřena výška hladiny.

Veškeré výpočty souřadnic bodů byly provedeny v programu Groma. Pro připojení geodetického měření byly použity 4 nivelační body.

Tvorba geodeticky zaměřených profilů byla uskutečněna v programu Microsoft Excel. Pomocí výpočtů délek ze souřadnic byly spočítány vodorovné délky mezi jednotlivými body pro osu X. Na osu Y byly naneseny nadmořské výšky bodů spočítány v programu Groma. Jelikož trigonometrické zaměření výšek by mělo být ze všech tří měření nejpřesnější, poslouží tyto profily jako kontrola přesnosti měření sonarů RiverSurveyor S5 a GeoSwath 4R.

Před tvorbou modelů z příčných profilů sonaru RiverSurveyor S5 byla eliminována chybná data a vybrány ty nejlepší profily s nejnižším, nebo ideálně žádným počtem chyb. Celkem bylo naměřeno 57 profilů, z nichž takto bylo vybráno 27. Následně byly profily vlícovány pomocí geodeticky měřených vlícovacích bodů do souřadnicového systému, a nakonec čistá opravená data byla použita k tvorbě modelu koryta

Výsledky

Z naměřených a připravených dat bylo vytvořeno v programech ArcGIS a HEC-RAS několik různých typů modelů terénu ve formě rastru a TINu. Srovnávány tedy byly nejen sonary mezi sebou ale i jejich přesnost v závislosti na použitém programu a výstupu a možnost propojení s DMR 5G. Přesnost modelů se porovnávala mezi sonary a vůči geodetickému měření. Také byla zjišťována vhodnost pro hydrodynamické modelování.

Závěr

Ve výsledku bylo zjištěno, že formát výstupu má na přesnost zanedbatelný vliv. Co ale nemá zanedbatelný vliv je metoda měření. Bylo zjištěno, že digitální model koryta z dat sonaru GeoSwath 4R vykazuje menší odchylky, a je mnohem přesnější než digitální model koryta RiverSurveyor S5. Oba modely však byly vhodné pro hydrodynamické modelování (Krmelová 2020).

Zda při tvorbě modelu zvolit formát rastru či TINu záleží na tom, jaké bude další využití modelu. Jestliže, hlavně u modelu z příčných profilů, jde o co nejpřesnější model, pak je vhodnější použít formát TINu, ovšem v případě,

že se bude model propojovat s jinými výškovými daty a výsledek bude použit pro HD modelování, pak je vhodné vložit data příčných profilů přímo do programu HEC-RAS. U plošných dat se jevil vhodnější formát rastru. Nejen že jej lze po transformaci do TIFFu možno použít přímo v programu HEC-RAS, model se jevil i hladší a jeho vykreslování trvalo oproti modelu TIN mnohem kratší dobu. I tak je vždy tedy třeba při výběru formátu předem uvažovat nad účelem tvorby modelu.

V případě rozhodování mezi SBES či MBES hraje velkou roli pořizovací cena a účel modelování. Jestliže postačí pouze přibližné modely, někde mimo ohrožení civilizace a extrémně přesné výsledky tedy nejsou nezbytné, máme zaměřit krátký rovný dostupný úsek, nebo urbanizované (zpevněné či vydlážděné) koryto, pak se SBES jeví jako dostačující metoda. MBES jsou sice finančně i znalostně velmi zatěžující, na druhou stranu jsou také velmi přesné a velkou roli zde hraje i samotná efektivita měření. I přes téměř hodinovou instalaci, která odpadá v případě, že je zařízení trvale připevněno na plavidle, jsou schopné během poměrně krátké doby zaměřit i několika kilometrový úsek. V případě hydrodynamického modelování také výstup z MBES nabízí výhodu tvorby velmi přesného podkladu pro detailní 2D, případně i 1D, 2.5D a 3D modely. Rozhodnutí pro použití SBES či MBES tak spočívá zejména na účelu měření, finančních prostředcích a subjektivnímu rozhodnutí měřiče. Přestože SBES je stále použitelná metoda, je MBES na velmi dobré cestě tuto metodu jednou zcela nahradit.

Zdroje:

Krmelová Z. (2020). Srovnání ultrazvukových metod pro měření dna vodního toku. Diplomová práce. Ostravská Univerzita. Ostrava.

SONTEK A XYLEM BRAND: RiverSurveyor® S5 and M9: A new perspective to the notion of measuring open channel Hydraulics [online]. 2018 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: <https://www.sontek.com/riversurveyor-s5-m9>.

KONGSBERG GEOACOUSTICS LTD: GeoSwath 4R, [online]. 2019 [cit. 22-02-2020]. Dostupné z: <https://www.kongsberg.com/globalassets/maritime/km-products/product-documents/portable-wide-swath-bathymetry-and-side-scan-geoswath-4r>.

Data a jejich zpracování:

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV: Hlásná a předpovědní povodňová služba, Detail stanice Bartošovice, [online]. 2019 [cit. 01-11-2019]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=20823334.

Drbal, K., Štěpánková, P., Levitus, V., Říha, J., Dráb, A., Satrapa, L., Horský, M., Valenta, P., Valentová, J., Friedmannová, L. (2009). Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

HEC-RAS River Analysis System: 2D Modeling User's Manual. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Version 5.0, February 2016.

GEOPORTÁL ČÚZK: Přístup k mapovým produktům a službám resortu, Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) [online]. 2010 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(b535yqtozyhj4ethcaexxss\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302](https://geoportal.cuzk.cz/(S(b535yqtozyhj4ethcaexxss))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302)

Mattas, D. (2014). Výpočet průtoku v otevřených korytech. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha.

Miklín, J., Dušek, R., Krtička, L., Kaláb, O. (2018). Tvorba Map: učební text Ostravské univerzity. Ostravská univerzita, Ostrava.

ArcGIS Desktop: ArcGIS 10.4.1 for Desktop quick start [online]. ESRI. 2018 [cit. 19-04-2021]. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.4/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide.htm>.

GROMA: Groma - geodetický software v prostředí MS Windows [online]. 2017 [cit. 19-04-2021]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/groma>

Trendy ve vydatnosti pramenů v Česku – aktualizace poznatků

Ondřej LEDVINKA¹, Anna LAMAČOVÁ²

¹ Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrofondu a bilancí, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Česko, email: ondrej.ledvinka@chmi.cz, ² Český hydrometeorologický ústav, Oddělení podzemních vod, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Česko, email: anna.lamacova@chmi.cz

Abstrakt

Cílem uvedené studie bylo vyhodnocení měsíčních, sezónních půlročních a ročních trendů ve vydatnosti pramenů na území Česka. Celkem bylo vybráno 101 pramenů, hodnocených za období 1971–2019. Monotónní deterministické trendy v časových řadách měsíčních mediánů, byly detekovány tzv. TFPW (trend-free pre-whitening) modifikací Mannova–Kendalova testu, která snižuje vliv autokorelačního koeficientu prvního řádu v časové řadě. Výsledky testování ročních řad vydatnosti ukázaly, že většina řad vydatností vybraných pramenů nevykazuje dlouhodobé změny (72 %). V případech, kdy byly změny signifikantní, však převládal pokles nad nárůstem. V ročních časových řadách bylo zmenšení vydatnosti zaznamenáno u 27 % pramenů, zatímco zvětšení pouze u 2 %. Z hlediska ročních období se vydatnost nejvíce zmenšovala v létě (33 % pramenů), v ostatních ročních obdobích se vydatnost zmenšila u 21–24 % pramenů. Nejčastěji se vydatnost u pramenů zmenšovala v květnu (52 %) a červenci (50 %), nejméně často naopak v březnu (21 %), kde zároveň největší podíl pramenů vykázal signifikantní zvětšování (10 %). Zvětšování vydatnosti v březnu pravděpodobně souvisí se změnou ročního chodu u pramenů, kdy vlivem rostoucí teploty vzduchu a dřívějšího tání sněhu dochází k posunu jarního maxima pramenů z dubna na březen.

Úvod

Prameny, které představují soustředěný přirozený vývěr podzemní vody na povrch země, mohou odvodňovat i hlubší zvodně a proto poskytují cenný zdroj informací o stavu podzemních vod. Monitorování stavu podzemní vody je důležité nejen proto, že podzemní voda představuje v řadě oblastí významný zdroj pitné vody, ale prameny jsou také nedílnou součástí ekosystémů. Uvedená studie navazuje na předchozí výzkum týkající se detekce monotónních deterministických trendů v časových řadách skládajících se z měsíčních mediánů vydatností pramenů na území Česka (Ledvinka a Lamacova, 2015). V této studii však bylo analyzováno období 1971–2007, do hodnocení tak nebyly zahrnuty velmi suché roky, které se vyskytly v posledních pěti letech, zejména pak roky 2018 a 2019. Předkládaný příspěvek si tedy klade za cíl starší studii aktualizovat za využití nových dat, při zachování stejné metodiky. Zároveň byl zrevidován výběr použitých pramenů.

Metodika

Monitorovací síť pramenů Českého hydrometeorologického ústavu zahrnuje celkem 319 objektů, z nichž přibližně jedna třetina se v současnosti měří automatickými přístroji v denním intervalu. Zbývající dvě třetiny pramenů měří manuálně dobrovolní pozorovatelé jednou týdně. Pro účely uvedené studie bylo vybráno celkem 101 pramenů. Při výběru byl kladen důraz zejména na úplnost řad a pokud možno rovnoměrné zastoupení napříč celým územím Česka, kontrola časových řad byla doplněna i terénním průzkumem. U pramenů s kombinací týdenních a denních měření byly z denních řad vytvořeny týdenní tak, že byla vybrána vždy středa, která představuje historicky den, kdy měli dobrovolní pozorovatelé provést měření vydatnosti. Následně byly týdenní řady převedeny na měsíční mediány. Analýza byla provedena pro každý měsíc v roce, pro jednotlivá čtvrtletí (tj. jaro, léto, podzim a zima). Dále byly vypočteny trendy v ročních řadách a v řadách teplého (květen–říjen) a chladného (listopad–duben) půlroku. Pro analýzy bylo vybráno období 1971–2019. U některých pramenů se za toto období vyskytly chybějící hodnoty. Maximální počet chybějících hodnot však ani u jednoho pramene nepřesáhl 20 % měsíčních mediánů. Z pohledu jednotlivých měsíčních řad jen řada měsíce června u pramene PB0013 vykázala 20,4 % chybějících hodnot.

Problém s chybějícími hodnotami nebyl řešen doplňováním, ale využitím testu, který chybějící hodnoty akceptuje, a to i při výpočtu autokorelačních koeficientů. Tato modifikace testu je implementována v balíčku „zyp“ pro statistický software R (Bronaugh and Werner, 2019). V aktuální studii bylo použito 80 ze 157 pramenů testovaných ve starší práci, ze které byla také převzata metodika. Pro detekci trendu (na hladině významnosti 0,05)

byla tedy aplikována tzv. TFPW (trend-free pre-whitening) modifikace Mannova–Kendalova testu, která omezuje vliv autokorelace v časové řadě, a to konkrétně autokorelačního koeficientu prvního řádu (Yue et al., 2002).

Výsledky

Z výsledků vyplývá, že po většinu roku se na území Česka v období 1971–2019 vydatnost vybraných pramenů chovala spíše stabilně. Pokud se detekované statisticky významné trendy rozdělí jednoduše na rostoucí a klesající, poklesové trendy jasně dominují. V roční vydatnosti bylo zmenšování zaznamenáno u 27 % pramenů, zatímco zvětšování pouze u 2 %. Z hlediska ročních období se vydatnost nejvíce zmenšovala v létě (33 %), v ostatních ročních obdobích se zmenšení pohybovalo v rozpětí 21–24 %. Zvětšení vydatnosti v ročních obdobích bylo zcela zanedbatelné a projevilo se, stejně jako v případě ročních řad, pouze u 2 % objektů. V létě dokonce nebyl zaznamenán žádný růstový trend, což se ovšem tak úplně nepromítlo do chování vydatnosti v teplém půlroce, ve kterém se u jednoho pramene vydatnost zvětšila. Poklesových trendů v teplém půlroce bylo nalezeno stejně jako v létě, v chladném půlroce pak 21 %.

Při pohledu na distribuci trendů v měsíčním měřítku je stejně jako v případě sezónních změn patrná převaha poklesových trendů v letních měsících (46–50 %). To spolu s maximem poklesů v květnu (52 %) ukazuje na možný vliv klimatických změn souvisejících s nárůstem teploty a zvýšenými evapotranspiračními nároky v průběhu vegetační sezóny. Počet trendů poukazujících na nárůst v měsíci březnu pravděpodobně rovněž souvisí s vlivem rostoucí teploty vzduchu a dřívějším táním sněhu, což vede k posunu jarního maxima vydatnosti pramenů z dubna na březen.

Závěr

Při aktualizaci poznatků získaných aplikací TFPW modifikace Mannova–Kendalova testu na řady měsíčních mediánů vydatnosti pramenů z území Česka reprezentující období 1971–2019 bylo zjištěno, že u převážné většiny pramenů nedochází k žádným změnám. V některých měsících, jako je květen a červenec, však mírně převládá zmenšování vydatnosti. Jestliže se budou brát v úvahu pouze statisticky významné trendy (na hladině 0,05), je zřetelná naprostá dominance trendů poklesových. V porovnání s předchozí studií Ledvinka a Lamacova (2015) to znamená taktéž určitý zvýšený počet takových trendů, což zajisté souvisí se zařazením nedávné suché periody do aktualizovaných časových řad vydatnosti. Zda se zvýšený počet poklesových trendů projevil i regionálně (např. z hlediska skupin hydrogeologických rajonů) a s jakými fyzickogeografickými faktory tyto trendy korelují, bude předmětem případného plného textu aktuální studie. Již nyní je ovšem v měsíčním měřítku zřejmý posun v typickém sezónním cyklu vydatnosti u některých pramenů, který by mohl souviset s klimatickou změnou, nejspíše tedy s růstem teploty vzduchu a dřívějším odtáváním sněhové pokrývky.

Poděkování

Práce na studii byly částečně finančně podpořeny grantem Technologické agentury České republiky Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (SS02030040). Autoři též děkují bývalému kolegovi Františku Peškovi za jeho přínos v tomto výzkumu ve formě inspekčních návštěv pramenů na území Česka za účelem výběru kvalitních časových řad vydatnosti.

Zdroje

Bronaugh D, Wemer A (2019) Zyp: Zhang + Yue-Pilon Trends Package. R package version 0.10-1-1. Pacific Climate Impacts Consortium. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=zyp>.

Ledvinka O, Lamacova A (2015). Detection of field significant long-term monotonic trends in spring yields, In: *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, ročník **29**, s. 1463–1484. DOI: 10.1007/s00477-014-0969-1.

Yue S, Pilon P, Phinney B, Cavadias, G (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, In: *Hydrological Processes*, ročník **16**, s. 1807–1829. DOI: 10.1002/hyp.1095.

Využití ADCP ke sledování prostorové distribuce plavenin v profilu Morava – Lanžhot

Libor MIKL, Pavel STIERAND, Robert ŽALIO, Jarmila HALÍŘOVÁ, Vít KODEŠ

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany, email: Libor.mikl@chmi.cz

Abstract

V současnosti hojně používané metody odběrů vzorků plavenin pomocí automatických a ručních vzorkovačů jsou robustní, spolehlivé, nicméně neposkytují informaci o prostorové distribuci plavenin v příčném profilu. Tyto parametry je možné efektivně sledovat s využitím ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Cílem studie je posouzení jednotlivých metod odběrů vzorků a prostorové distribuce plavenin při měnících se průtokových poměrech. Výsledky ukazují významné rozdíly v měření průtoku plavenin získaných jednotlivými metodami odběrů vzorků. Nejvyšší rozdíly (až 98 %) byly zjištěny mezi hodnotami z ADCP a vzorky odebranými automatickými vzorkovači. Rozdíly mezi ADCP ve srovnání s ručními vzorkovači byly minoritní. Prostorová distribuce plavenin není homogenní, nejmenší rozdíly koncentrací plavenin v příčném profilu byly zaznamenány při průtoku $19.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($2\text{--}3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), naopak největší byly evidovány při průtoku $288.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($500\text{--}700 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Koncentrace plavenin se výrazně mění, se vzdáleností od břehů směrem do středu toku. Se zvětšujícím se průtokem vody byly vyšší koncentrace zaznamenány v okrajových částech toku.

Klíčová slova: ADCP, plaveniny, prostorová distribuce, vodní toky, odběr vzorků

Úvod

Vodní toky nejsou unifikované kanály s homogenním prouděním a rozptylem látek, z tohoto důvodu při hodnocení množství plavenin hraje významnou roli zvolená metoda a způsob odběru vzorků stejně jako přírodní podmínky. V nedávné minulosti bylo možné sledovat množství plavenin jen za pomoci odběru vzorků s využitím ručních vzorkovačů, později se uplatnily automatické vzorkovače. Obě metody umožňují odhad množství plavenin v tocích, ale neposkytují informaci o jejich prostorové distribuci. V souvislosti s dostupností technického i softwarového vybavení je studium rozdílů nejen v prostorové distribuci plavenin ale i mezi jednotlivými metodami odběru vzorků v současnosti mnohem přístupnější. Rozhodli jsme se využít metodu, která je založena na kvantifikaci plavenin pomocí analýzy intenzity rozptýleného zvuku (tj. backscatter, Baranya and Józsa 2013), získaného prostřednictvím ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, Wall et al. 2006, Defendi et al. 2010, Huang 2019). Získané údaje z měření ADCP jsme využili pro doplnění informací z monitoringu plavenin. Cílem studie je posouzení prostorové distribuce plavenin v příčném profilu a jejich porovnání s naměřenými hodnotami z monitoringu.

Metodika

Terénní měření a odběr vzorků probíhal v profilu Morava – Lanžhot mezi lety 2018 a 2020. Celkem bylo odebráno 57 vzorků, provedena 4 měření prostřednictvím ADCP. Byla vyhodnocena prostorová distribuce a průtok plavenin při 4 různých vodních stavech/průtokových situacích ($H = 41 \text{ cm} / Q = 19.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $H = 79 \text{ cm} / Q = 39.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $H = 101 \text{ cm} / Q = 65.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $H = 360 \text{ cm} / Q = 288.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Pro zjištění průtokových poměrů, rychlosti proudu a backscatter s byly použity přístroje, Riverpro a Streampro s frekvencí 1200 a 2000 kHz od společnosti Teledyne RD Instruments. Počet a rozmístění odebraných vzorků na sledovaných lokalitách byl stanoven na základě průzkumu pomocí ADCP (4 až 6 měření). Vzorky byly odebrány s ohledem na rychlost proudu, charakter dna a břehů (tj. počet odebraných vzorků úměrně rostl s diverzitou prostředí ve vztahu „benefit cost ratio“, pohyboval se v rozmezí 8–24). Vzorky byly odebrány pomocí dvou druhů vzorkovačů, Van Dorn a modifikovaný USP-61 sampler („torpedo“). Jejich použití se odvíjelo od vodního stavu a rychlosti proudění (Van Dorn – průměrné až průměrné, torpedo – nadprůměrné až extrémní vodní stavy). Po odběru vzorků následovalo měření ADCP ve 4 až 6 opakováních, s ohledem na posouzení proměnlivosti vodního prostředí. Následně byly vzorky odvezeny do laboratoře ke stanovení koncentrace plavenin. Poté byly koncentrace plavenin a výsledky měření z ADCP vyhodnoceny prostřednictvím programu ViSea DAS (Aqua Vision 2017). Výsledky průtoku plavenin byly porovnány s hodnotami získanými z denního monitoringu, kdy vzorky byly odebrány bodově (pomocí ručního [PR] a automatického vzorkovače [PS – slévaný vzorek, odběr probíhal 2x denně v rozmezí 12h, PA – okamžitý vzorek]) a následně bylo množství plavenin přepočítáno pro daný průtok podle následujícího vztahu.

$$\overline{flux} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i$$

$flux$ = průměrný průtok plavenin, Q = průtok, C = koncentrace plavenin

Výsledky

Nejvyšší rozdíly byly zaznamenány mezi odběrem vzorků s využitím ADCP a sléváním vzorky z automatického vzorkovače (PS), pohybovaly se v rozmezí od 3 do 98 % (medián 26 %). Rozdíly mezi hodnotami získanými ADCP a ručními vzorky (PR) byly v rozmezí 3 % až 62% (medián 9 %) a mezi okamžitými vzorky z automatu (PA) byly 8 % až 64 % (medián 16 %). Nejmenší rozdíl v množství průtoku plavenin (max. 23 %) byl zaznamenán při vodním stavu $H = 79$ cm a průtoku $Q = 39.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průměrný průtok plavenin se pohyboval v rozmezí od 0.515 (ADCP) do 0.634 $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (PS), naopak nejvyšší zjištěné rozdíly (max. 98 %) byly zaznamenány při vodním stavu $H = 360$ cm a průtoku $288.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, kde průtok plavenin se pohyboval v rozmezí: PA = 154.7, PS = 332.6 $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (ADCP = 168.2 $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$). Při nízkém vodním stavu $H = 41$ cm a $Q = 19.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, průtok plavenin dosahoval hodnot: ADCP = 0.064, PS = 0.082 $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (tj. rozdíl mezi jednotlivými typy vzorků byl max. 28 %). Průtok plavenin při průměrném vodním stavu $H = 101$ cm a $Q = 65.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zaznamenán v rozmezí: PR = 2.613 až PS = 5.690 $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ (ADCP = 3.263), max. rozdíl pro jednotlivé typy vzorků byly max. 80 %. Heterogenita distribuce plavenin v příčném profilu roste při zvětšujícím se průtoku. Koncentrace plavenin se výrazně mění od břehů směrem do středu toku. Nejmenší rozdíly v příčném profilu byly zaznamenány při průtoku $19.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2–3 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), mírně větší koncentrace plavenin byly evidovány směrem od břehu do středu toku – přibližně v 1/3 toku. Při narůstajícím průtoku dochází k heterogenizaci distribuce plavenin, které jsou soustředěny převážně v blízkosti břehů. Jejich koncentrace narůstají od břehu s pomalejším prouděním – jeseň po návodní břeh. Nejvyšší rozdíly koncentrace plavenin byly zaznamenány při nejvyšším změřeném průtoku $288.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (500–700 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), nejvyšší hodnoty byly evidovány v blízkosti obou břehů.

Závěr

Na základě provedených měření při 4 výrazně rozdílných vodních stavech jsme dokumentovali využití ADCP pro vyhodnocení průtoku plavenin a jeho srovnání s výstupy při standardně používaných metodách vzorkování v ČHMÚ (vzorkování pomocí ručních vs. automatických vzorkovačů). Výsledky prokázaly významné rozdíly v průtoku plavenin při použití různých metod odběru vzorků. Nejvyšší rozdíly (až 98 %) byly zaznamenány mezi hodnotami získanými z ADCP a sléváním vzorky z automatického vzorkovače. Tento rozdíl se zvyrazňuje při měnících se průtokových poměrech, avšak je minimální při stabilním průtoku. Výrazně menší rozdíly byly pozorované mezi ADCP a vzorky odebranými ručním vzorkovačem. Dále výsledky našeho šetření ukazují, že prostorová distribuce plavenin v příčném profilu významně roste s narůstajícím průtokem, a jejich koncentrace se výrazně mění od břehů směrem do středu toku v závislosti na průtokových poměrech. Nicméně přes poměrně malý data-set (4 měření), který jsme dosud analyzovali, věříme, že výsledky naší studie jsou správné. Avšak jsme si vědomi potřeby navazujících studií i na jiných tocích, abychom potvrdili/vyvrátili dosud zjištěné výsledky.

Zdroje

- Baranya S, Józsa J, (2013). Estimation of suspended sediment concentrations with ADCP in Danube River. Journal of Hydrology and Hydromechanics, číslo 61 (3), s 232–240.
- Defendi V, Kovačević V, Areana F, Zaggia L, (2010). Estimating sediment transport from acoustic measurements in the Venice Lagoon inlets. Continental Shelf Research, číslo 30, s 883–893.
- Gary R, Wall, Elizabeth AN, and Litten S, (2006). Use of an ADCP to Compute Suspended– Sediment Discharge in the Tidal Hudson, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia 2006.
- Huang H (2019). The importance of ADCP alignment with gps in moving-boat streamflow measurements. Flow measurement and instrumentation, číslo: 67, s 33–40.

Významnosť a veľkosť trendov minimálnych a priemerných ročných prietokov na Slovensku za obdobie 1961–2015 a ich zmeny v porovnaní s referenčným obdobím 1961–2000

Viliam ŠIMOR, Ľudovít ĽUPTÁK

Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave, Slovensko, email: viliam.simor@shmu.sk,
ludovit.luptak@shmu.sk

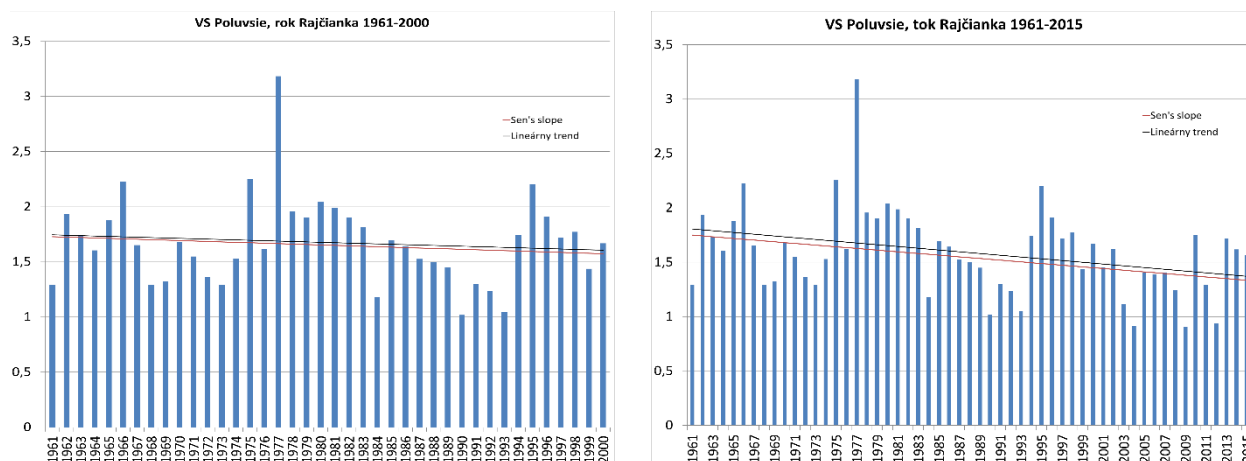
Úvod

Príspevok sa zaoberá vývojom trendov minimálnych a priemerných ročných prietokov obdobia 1961–2015 a ich porovnaním s trendami za obdobie 1961–2000, ktoré požíva Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) od roku 2006 ako referenčné obdobie. Pri hodnotení obidvoch období sme sa zaoberali ich vzájomným porovnaním a následnou analýzou prípadnej zmeny. Trendy časových radov sa vo všeobecnosti môžu stať dôležitým indikátorom, či dochádza k zmene vo vybraných hydrologických charakteristikách a preto sú takým základným alebo tiež prvotným nástrojom pri analýze údajov. V predkladanom článku boli prietokové rady spracované a štatisticky analyzované pomocou jednoduchého lineárneho trendu a neparametrického Mann–Kendallovho testu, ktorý sa používa na detekciu významných trendov v časových radoch. Jeho výhodou je skutočnosť, že nie je ovplyvnený aktuálnym rozdelením dát a zároveň je menej citlivý na extrémne hodnoty v časovom rade oproti lineárnemu trendu. Podrobnejšie je popísaný napr. v Drápela, Drápelová (2011).

Metodika

Prietokové údaje za obdobie 1961–2015 boli prevzaté z databázy hydrologickej služby, ktorá umožňuje priame reportovanie minimálnych a priemerných ročných prietokov. Trendy boli hodnotené vo vybraných 65 vodomerných staniách (VS) s dlhodobým pozorovaním (1 v povodí Bodva, 8 v povodí Bodrog, 2 v povodí Dunaj, 4 v povodí Hornád, 4 v povodí Ipel', 2 v povodí Morava, 7 v povodí Nitry, 3 v povodí Dunajec a Poprad, 7 v povodí Hron, 4 v povodí Slaná a 23 v povodí Váh (pozn. povodie Váh bolo rozdelené na sub – povodia)). Pri určovaní jednotlivých významností trendu, jeho rastu a poklesu hodnotíme iba významnosť na hladine 95% (pokiaľ bola vo VS zaznamenaná, považujeme tento trend za významný), ktorá sa používa vo väčšine štatistických úloh. Trendy, ktoré sa vyskytli na nižšej hladine významnosti (90%, 85% a nižšej), považujeme za nevýznamné. Pri vzájomnom porovnaní obidvoch období 1961–2000 a 1961–2015, hľadáme také VS, na ktorých sa táto významnosť zmení. Pokiaľ zmena významnosti nastane, tak v príslušných VS zhodnotíme aj veľkosť trendov pomocou jednoduchého lineárneho trendu a tzv. odhadu sklonu (smernice) Sen's slope podľa autora Sena (Sen, 1968). Všetky trendové výpočty boli spracované v prostredí MS Excel.

Záver



Obr. 1 Veľkosť trendov minimálnych ročných prietokov vo vybraných vodomerných staniách za obdobie 1961–2000 a 1961–2015.

V období 1961–2000 sa na hladine významnosti 95% vyskytli 4 VS s rastúcimi trendami, 14 VS s klesajúcimi trendami a v 47 VS sa vyskytli nevýznamné trendy. V období 1961–2015 sa na hladine významnosti 95% vyskytli 3 VS s rastúcimi trendami 11 VS s klesajúcimi trendami a v 51 VS sa vyskytli nevýznamné trendy.

Zmena významnosti po pridaní 15 rokov nastala celkovo v 16 VS (6 VS sa zmenilo z nevýznamných klesajúcich na významné, 9 VS sa zmenilo z významných klesajúcich na nevýznamné a v 1 VS sa zmenil trend z významného rastúceho na nevýznamný).

Na obr. 1 je na ukážku znázornená VS Poluvsie na toku Rajčianka, v ktorej sa nevýznamný klesajúci trend obdobia 1961–2000 pridaním 15 rokov zmenil na významne klesajúci trend. Z uvedeného vyplýva, že sa v tejto VS v časovom rade 2001–2015 vyskytli ďalšie nízke minimálne ročné prietoky, ktoré bezvýznamný klesajúci trend obdobia 1961–2000 v danej VS zmenil na trend významný a tým zároveň potvrdil celkový klesajúci trend výskytu minimálnych ročných prietokov vo VS. Veľkosť sklonu trendu (lineárneho aj Sen's slope) sú si veľmi podobné, čo znamená, že sa v pridanom časovom rade 2001–2015 nevyskytol extrémne nízky minimálny ročný prietok, ktorý by spôsobil ich možnú rozdielnosť.

Vo všeobecnosti v oboch obdobiach prevažujú nevýznamné trendy nad významnými. Významnosť trendov obdobia 1961–2015 sa pridaním 15 rokov výrazne nezmenila, čo naznačuje, že sa vo väčšine vybraných VS nevyskytol veľký počet extrémnych (nízkych alebo vysokých) minimálnych ročných prietokov.

Zdroje

Drápela K., Drápelová I., (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997–2010. *Beskydy*, 2011, 4 (2): 133–146. Mendelova univerzita v Brně. ISSN: 1803–2451.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1379–1389.

Vliv jarního nasycení území na nízké letní průtoky v horských povodích

Václav ŠÍPEK¹, Michal JENÍČEK², Jan HNILICA¹, Nikol ZELÍKOVÁ^{1,3}

¹ Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Česká republika, ² Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Česká republika, ³ Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, FŽP ČZU, Česká republika, email: sipek@ih.cas.cz, michal.jenicek@natur.cuni.cz, hnilica@ih.cas.cz, zelikova@ih.cas.cz

Úvod

Minimální letní průtoky jsou předmětem zájmu z důvodu zajištění dostatku vody pro lidskou společnost. Klimatická změna mění odtokový režim na našem území (např. Langhammer a Bernsteinová 2020), což může způsobit změny v množství dostupné vody ve vodních tocích. Schopnost povodí zadržovat vodu je jednou ze základních hydrologických charakteristik, která je v současné době hojně studována (Meriö a kol. 2019; Staudinger a kol. 2017). Region střední Evropy je územím, kde je letní odtok silně podmíněn dynamikou srážek (Shukla a kol. 2013) a vliv jarního nasycení území vodou není dostatečně objasněn. Studie je tedy zaměřena na kvantifikaci vlivu nasycení území vodou v jarním období na odtok v období nízkých průtoků na konci léta a na podzim.

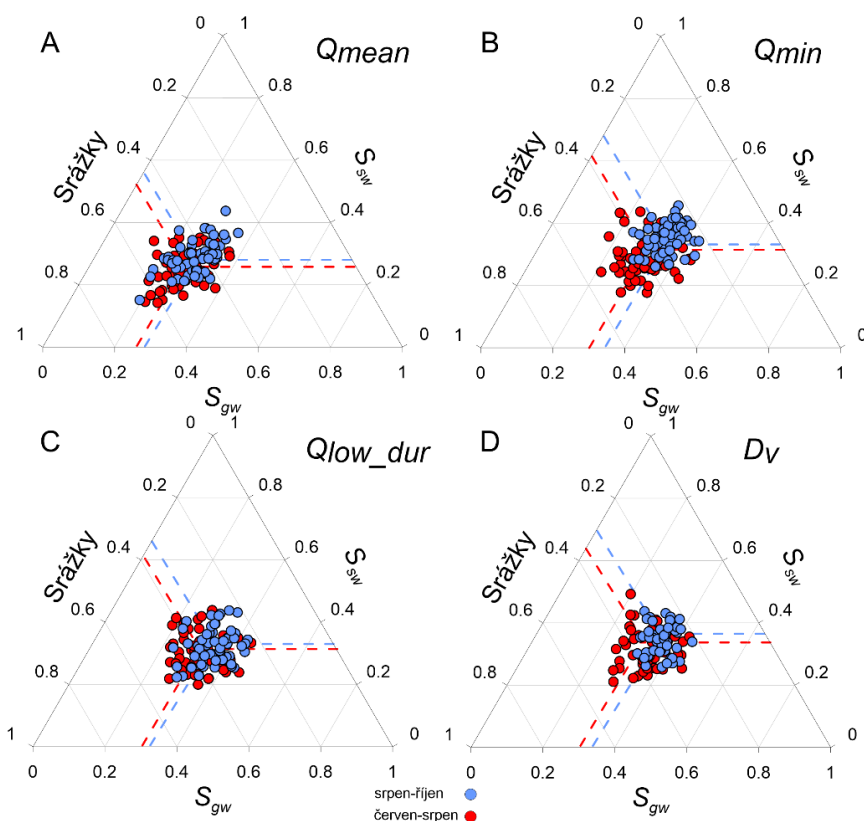
Data a metody

Studie využívá 58 horských povodí rozprostřených po území Šumavy, Krkonoš, Jizerských hor, Jeseníků a Moravskoslezských Beskyd. Povodí byla vybrána tak, aby pro ně byly dostupné dostatečně dlouhé řady (1980–2014) měřeného odtoku a meteorologických pozorování (srážky a teplota vzduchu). Na všech povodích došlo k odhadu aktuálního nasycení (podzemní voda; S_{gw}) a nenasyčené zóny (půdní profil; S_{sw}) pomocí hydrologického modelu HBV-light (Seibert a Vis, 2012). Denní hodnoty stavu nasycení obou podzemních domén vodou byly zprůměrovány na týdenní hodnoty. Období minimálních průtoků bylo charakterizováno pomocí minimální výšky odtoku (Q_{min}), průměrné výšky odtoku (Q_{mean}), délky trvání poklesu odtoku pod 75tý percentil výšky odtoku v daném období ($Q_{low\ dur}$) a deficitního objemu odtoku (D_v), který chyběl k dosažení 75tého percentilu. Zmíněné charakteristiky byly vyčísleny opět ve formě týdenních průměrů pro dvě překrývající se období: červen-srpen (JJA) a srpen-říjen (ASO). Následně došlo ke kvantifikaci závislosti mezi charakteristikami nízkých letních průtoků (Q_{min} , Q_{mean} , $Q_{low\ dur}$, D_v) a týdenních hodnot nasycení půdní (S_{sw}) a podzemní vody (S_{gw}) v předcházejícím období (od začátku května do začátku června nebo srpna). Míra závislosti jednotlivých proměnných byla stanovena pomocí metody vzájemné informace (MI), která umožňuje kvantifikaci nelineárních vztahů a není ovlivněna odlehlými hodnotami. Závislost je vyjádřena v bitech a pohybuje se od nuly do nekonečna, kdy vyšší hodnota znamená vyšší závislost. Vypočítaná síla vztahu byla porovnána se vztahem nízkých letních průtoků a srážkových úhrnů ve zkoumaném období, aby bylo možné porovnat míru ovlivnění nízkých průtoků ze strany předchozího nasycení povodí a aktuálních srážek.

Výsledky

Pro většinu povodí byl identifikován nejsilnější vztah průměrného týdenního odtoku (Q_{mean}) v obou zkoumaných obdobích (JJA a ASO) k srážkovým úhrnům z příslušného období. Hodnota vzájemné informace se za období JJA pohybovala mezi 0,26 a 0,70 bitů s mediánem rovným 0,47. V případě ostatních charakteristik odtoku byla hodnota vzájemné informace popisující intenzitu vztahu ke srážkovým úhrnům nižší (0,30–0,35 bitů). Medián hodnoty MI ostatních charakteristik odtoku v období JJA a relativního nasycení povodí se pohyboval mezi 0,15 a 0,25. Odlišná situace byla pozorována ve druhém období od srpna do října (ASO), kdy došlo k poklesu hodnot MI popisujících vztah srážkových úhrnů k všem charakteristikám nízkých průtoků na hodnoty od 0,25 až 0,30 bitů. Jedinou výjimkou byl Q_{mean} , kdy byl medián MI roven 0,46. Vztah všech ostatních charakteristik nízkých průtoků ke srážkách poklesl na hodnoty 0,25–0,30, což indikuje snížení významu srážek ve srovnání s obdobím červen-srpen. Opačná situace nastala v případě síly vztahu charakteristik nízkých průtoků a nasycení povodí, kdy medián hodnoty MI vzrostl na 0,20 bitů (v případě S_{sw}) a 0,25 bitů (u S_{gw}).

Relativní podíl S_{sw} , S_{gw} a srážkových úhrnů na maximální hodnotě MI k příslušné charakteristice odtoku v obou obdobích červen-srpen (JJA) a srpen-říjen (ASO) je znázorněn na Obr. 1. Jednotlivé grafy dokumentují relativní míru závislosti příslušné charakteristiky na nasycení konkrétní domény a srážkových úhrnech a posun mezi obdobími JJA a ASO.



Obr. 1 Relativní podíl maximálních týdenních hodnot nasycení půdní (S_{sw}), podzemní vody (S_{gw}) a sumy srážek (Rainfall) na hodnotě MI ve vztahu k (A) Q_{mean} , (B) Q_{min} , (C) Q_{low_dur} and (D) D_v . Červená kolečka reprezentují období červen-srpen a modrá srpen-říjen. Přerušovaná čára vyznačuje median všech povodí.

Závěr

Letní nízké průtoky v období červen-srpen byly v převážné většině podmíněny srážkovými úhrny v tomto období. V období srpen-říjen se síla vztahu mezi průtoky a nasycením půdní a podzemní vody vyrovnala vlivu srážkových úhrnů. Pouze průměrný průtok v srpnu až říjnu byl výrazně podmíněn pouze srážkami. Minimální průtoky, deficitní objemy odtoku a doba trvání minimálních průtoků byly rovnoměrně podmíněny nasycením povodí v předchozím měsíci a srážkami z období srpen-říjen. Výsledky tedy ukazují, že letní nízké průtoky jsou dány jak srážkovými úhrny, tak nasycením území vodou pocházející z předchozího období.

Zdroje

Langhammer J, Bernsteinová J (2020). Which Aspects of Hydrological Regime in Mid-Latitude Montane Basins Are Affected by Climate Change? In: *Water*, číslo 12, s. 2279.

Meriö LJ, Ala-aho P, Linjama J, Hjort J, Klove B, Marttila H (2019). Snow to Precipitation Ratio Controls Catchment Storage and Summer Flows in Boreal Headwater Catchments. In: *Water Resources Research*, číslo 55, s. 4096–4109.

Seibert J, Vis MJP (2012). Teaching hydrological modeling with a user-friendly catchment-runoff-model software package. In: *Hydrology and Earth System Sciences*, číslo 16, s. 3315–3325.

Shukla S, Sheffield J, Wood EF, Lettenmaier DP (2013). On the sources of global land surface hydrologic predictability. In: *Hydrology and Earth System Sciences*, číslo 17, s. 2781–2796.

Staudinger M, Stoelzle M, Seeger S, Seibert J, Weiler M, Stahl K (2017). Catchment water storage variation with elevation. In: *Hydrological Processes*, číslo 31, s. 2000–2015.

Návrh metodiky posúdenia povodňového rizika

Mária ŠUGAREKOVÁ, Martina ZELENÁKOVÁ

Ústav Environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Slovensko, email: maria.sugarekova@tuke.sk, martina.zelenakova@tuke.sk

Úvod

Dlhoročným a stále aktuálnym problémom nie len v strednej Európe, ale na celom svete sú povodne. Táto prírodná udalosť so sebou prináša isté riziko, ktorému sa je možné vhodnou pripravenosťou do určitej miery vyhnúť, alebo aspoň čiastočne zmierniť jeho dôsledky. Celosvetovo najrozšírenejší spôsob určenia povodňového rizika je vyhotovenie máp povodňového rizika na základe určenia rizika pomocou všeobecne platnej rovnice definície rizika – riziko = príčina * dôsledok. Mnoho zahraničných, ale aj domácich autorov k výpočtu povodňového rizika využíva indexy ohrozenia, zraniteľnosti (Solín, 1998; David, 2008) ale aj expozície (Mishra, Sinha, 2020). Na základe týchto troch indexov je navrhnutá aj metodika posúdenia povodňového rizika, ktorá je opísaná v tomto príspevku. Ide však len o počiatočný návrh, ktorý bude postupne rozšírený a spracovaný v rámci dizertačnej práce.

Metodika

Teoretické východiská

Predkladaný návrh metodiky hodnotenia povodňového rizika vychádza zo štúdie multi-indexového modelu posúdenia povodňového rizika na rieke Yangtze v Číne (Zhang a kol., 2020). Autori v tejto štúdii sa zamerali na vývoj multi-indexového koncepčného modelu na posúdenie rieky Yangtze v dvoch častiach – prvá časť sa venuje príprave indexového systému, druhá je zameraná na analýzu navrhutej procedúry v softvéri ArcGIS. Predkladaný príspevok však opisuje návrh metodiky hodnotenia povodňového rizika založenej na prvej časti spomínanej štúdie, teda na príprave a naplnení indexového systému.

Autori štúdie posúdenia povodňového rizika na rieke Yangtze navrhli multi-indexový systém zložený z troch vrstiev – objektovej, indexovej a indikátorovej vrstvy. Do objektovej vrstvy patrí hodnotená rieka Yangtze, indexová vrstva zahŕňa index hazardu (ohrozenia), index zraniteľnosti a index expozície. Posledná indikátorová vrstva obsahuje 13 indikátorov, ktoré prispievajú k povodňovému riziku. Údaje obsiahnuté v indikátorovej vrstve boli zozbierané a premietnuté v prostredí GIS, a následne pomocou hierarchickej metódy AHP boli týmto údajom pridelené hodnoty podľa relatívnej dôležitosti každého indikátora. Konečné povodňové riziko bolo vypočítané nasledujúcou rovnicou:

$$YRBFR = H * w_H + V * w_V + E * w_E \quad (1)$$

kde YRBFR [-] predstavuje povodňové riziko, H predstavuje index hazardu (ohrozenia), V predstavuje index zraniteľnosti (z ang. vulnerability), E predstavuje index expozície a hodnoty w_H , w_V a w_E sú váhové hodnoty spomínaných indexov.

Indexová vrstva tejto metodiky zahŕňa spomínané indexy hazardu (ohrozenia), zraniteľnosti a expozície. Náplňou týchto indexov sú indikátory, ktoré sú rozdelené nasledovne: k indexu hazardu (ohrozenia) je priradený ukazovateľ kumulatívneho priemeru maximálnych zrážok za 3 dni. K indexu zraniteľnosti patria indikátory: údaj o absolútnom prevýšení medzi určeným bodom a hladinou mora, údaj o relatívnom prevýšení, údaj o hustote odtoku v závislosti od hustoty riečnej siete v oblasti, faktor povrchového odtoku a povrchového pokrytia územia, finančných výnosoch, finančných úsporách, úrovne zdravotnej služby a údaje o monitoringu a varovnom systéme. Indikátor expozície obsahuje 4 prvky – hustotu populácie, HDP vzťahované na obyvateľa, stupeň pôdnej erózie a riziko kontaminácie pôdy.

Z hľadiska dostupnosti a variácie údajov je možné multi-indexový koncepčný model aplikovať na akékoľvek pole pôsobnosti, a tiež je možné do jednotlivých vrstiev dosadiť rôzne vstupné rentabilné hodnoty. V nasledujúcich kapitolách je uvedený návrh a kolekcia údajov, ktoré budú použité na hodnotenie povodňového rizika v súlade s aktuálne platnou legislatívou Slovenskej republiky.

Zber údajov

Zo spomínanej štúdie multi-indexového koncepčného modelu je pre navrhovanú metodiku posúdenia povodňového rizika na Slovensku prevzatý práve multi-indexový systém, do ktorého budú priradené prvky s dostatočnou výpovednou hodnotou. Keďže návrh a aplikácia tejto metodiky je výskumným cieľom dizertačnej práce, predkladaný príspevok opisuje len jednu časť, a to časť zameranú na hodnotenie povodňového rizika v sledovanom období.

Výsledky

Vhodnou transformáciou spomínanej metodiky je navrhnutý nový spôsob posúdenia povodňového rizika prostredníctvom dostupných údajov prevzatých zo Správ o priebehu a následkoch povodní na území SR (Min ŽP SR), ktoré budú v ďalšej časti spracovania zároveň slúžiť aj ako vstupné údaje na vyhodnocovanie povodňových škôd.

Cieľom tohto príspevku je však ukázať náplň indikátorovej vrstvy. Indexová vrstva ostáva zachovaná, obsahuje indexy ohrozenia, zraniteľnosti a expozície. K indikátorom ohrozenia sú navrhnuté indikátory: kumulatívne množstvo zrážok, počet vyhlásení III. stupňa povodňovej aktivity, povrchový odtok. Index zraniteľnosti zahŕňa indikátory: postihnutí obyvatelia, chránené krajinné oblasti a stav objektov protipovodňovej ochrany. Posledný index expozície obsahuje indikátory: zaplavené budovy, zaplavené nebytové budovy, poškodené inžinierske stavby, počet poškodených zvierat, ďalšie povodňové škody.

Jednotlivým indikátorom bude na základe dostupných údajov priradené bodové ohodnotenie, ktoré bude následne prenasobené váhou jednotlivých indexov. Indexy majú hodnotu spolu 100% s nasledovným rozdelením: index ohrozenia = 30%, index zraniteľnosti 40% a index expozície 30%. Ďalej sú tieto váhy rozdelené medzi indikátory. V ďalšej časti spracovania navrhovanej metodiky budú naplnené obsahové časti jednotlivých indikátorov, a vyčíslené finálne hodnoty.

Záver

Výpočet a určenie povodňového rizika pomocou navrhovanej metodiky môže byť uskutočnený v rozličných úrovniach – či už sa bude posudzovať celé územie alebo len povodie istej rieky. Výber úrovne posúdenia bude prvým krokom v navrhovanej metodike. Ďalším krokom bude náplň údajov indikátorov na základe určenia objektivej vrstvy. Na záver sa stanoví povodňové riziko v sledovanom období. Rozšírením tejto metodiky bude určenie povodňového rizika v priestore, a tiež vyčíslenie povodňových škôd. Pridanou hodnotou bude vyhotovenie máp povodňového rizika pre každý indikátor prostredníctvom softvéra GIS.

PodĎakovanie

Tento článok vznikol vďaka Slovenskej agentúre na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu SK-PT18-0008 a SL-PL-18-0033, a tiež vďaka podpore Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu VEGA 1/0308/20 Zmierňovanie hydrologických rizík – povodne a suchá – skúmaním extrémnych hydroklimatických javov v povodiach.

Zdroje

Zhang D. a kol. (2020). A GIS-based spatial multi-index model for flood risk assessment in the Yangtze River Basin, China, In: *Environmental Impact Assessment Review*, číslo 83, 106397 (článok odborného časopisu).

Mishra K., Sinha R. (2020). Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach, In: *Geomorphology*, číslo 350, 106861 (článok odborného časopisu).

Solín L. (1998). Hodnotenie povodňového rizika – súčasný stav výskumu, In: *Geografický časopis*, vol. 50, no. 1, pp. 35–57 (článok odborného časopisu).

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (dostupné 29.3.2021) Správa o priebehu a následkoch povodní na území Slovenskej Republiky (online zdroj).

Režim průtoků na vybraných povodích ČR ve vztahu na průběh hladin podzemních vod v mělkých vrtech

Radovan TYL, Pavel KUKLA

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení povrchových vod, Praha, Česká republika, email: radovan.tyl@chmi.cz, pavel.kukla@chmi.cz

Úvod

Hydrologická bilance vyjadřuje kvantitativně množství vody v jednotlivých složkách hydrologického cyklu za určitou časovou jednotku. Základní prostorovou jednotkou, ve které se analyzuje hydrologická bilance, bývá nejčastěji povodí. Projekt technologické agentury ČR TITSMZP809 „Vliv malých vodních nádrží na hladinu podzemních vod a celkovou hydrologickou bilanci s důrazem na suchá období“, řešený ve spolupráci stavební fakulty Českého vysokého učení technického v Praze, Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka a Českého hydrometeorologického ústavu, se zabývá komplexním monitoringem, vyhodnocením a modelováním prvků hydrologické bilance na vybraných lokalitách s přítomností malé vodní nádrže, a vyhodnocením vlivu této nádrže na hladinu podzemní vody.

V rámci tohoto projektu jsou zároveň s komplexním monitoringem prvků hydrologické bilance zpracovávána a vyhodnocována pozorovaná hydrologická data na dalších vybraných lokalitách, např. v povodí Lomnice, Skalice, Žehrovky, Javoriky, Cidliny či Sázavy.

Monitoring prvků hydrologické bilance na vybraných lokalitách

Jednou z hlavních náplní projektu je zřízení komplexního sledování složek hydrologické bilance ve vybraných lokalitách, dále analýza malých vodních nádrží na základě dat dálkového průzkumu Země (DPZ) či modelování hydrologické bilance povodí s malými vodními nádržemi. Hlavním výstupem projektu bude aplikace pro vyhodnocení hydrologické bilance malé vodní nádrže, a také metodický pokyn pro vodoprávní úřady, který bude řešit přístupy při povolování nových malých vodních nádrží ve vztahu k hydrologické bilanci povodí.

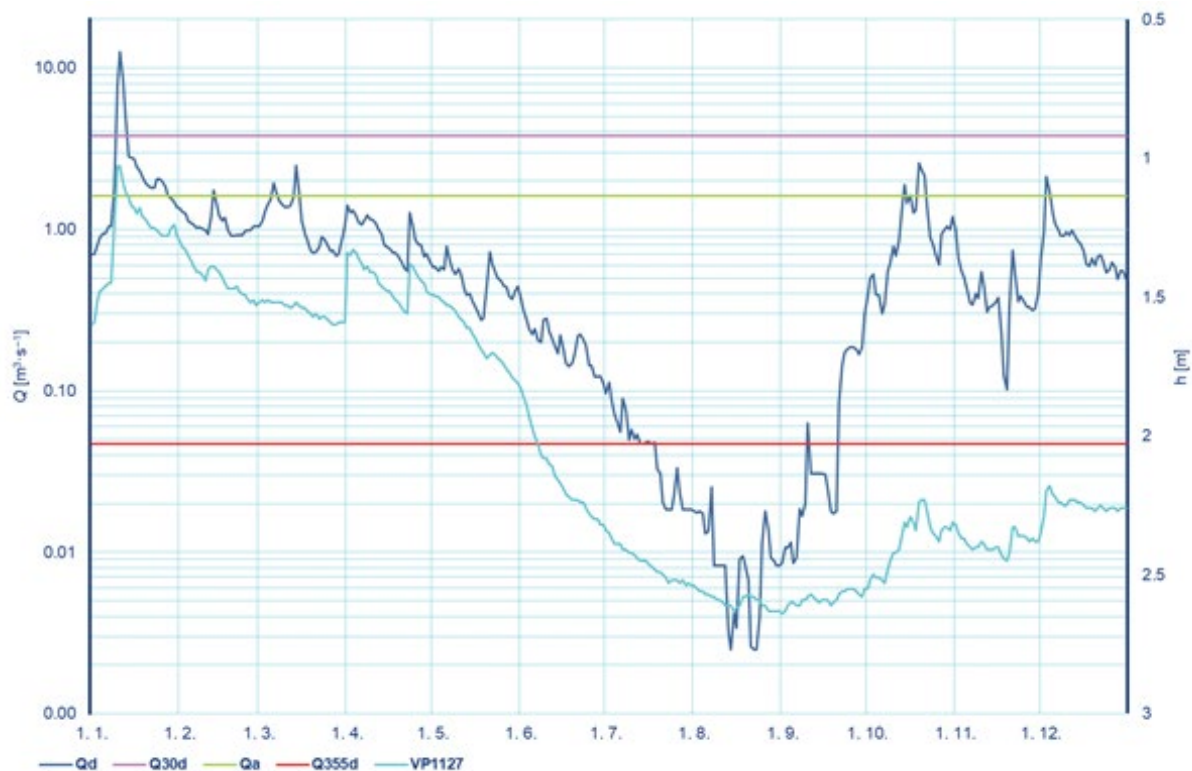
Pro komplexní monitoring byly vybrány tři lokality, přednostně s odlišnou geologickou strukturou. Jedná se o rybník Mrštín na Vlkavě poblíž Mladé Boleslavi, rybník Vavřinec na Výrovce nedaleko Uhlířských Janovic na Kutnohorsku a nově vybudovaný rybník v lokalitě Mostiště na Chomelském potoce severně od obce Radnice na Plzeňsku. Na každé lokalitě je pozorován přítok do nádrže a odtok z nádrže, hladiny podzemní vody v bezprostředním okolí nádrže, hladina samotné nádrže a na rybníku Vavřinec také přímé měření výparu z vodní hladiny pomocí plovoucího výparoměru. V dubnu 2020 byla dodatečně instalována vodoměrná stanice na lokalitě Blatný rybník v Jizerských horách na přítoku do rybníka. Na odtoku z rybníka má ČHMÚ vodoměrnou stanici se sledováním vodních stavů od roku 1988.

Režim odtoků a hladin podzemní vody v mělkých vrtech

Vyhodnocení průtoků a hladin podzemních vod probíhá na vybraných lokalitách, kde jsou k dispozici pozorovaná data ze sítě monitoringu ČHMÚ. Období zpracování od roku 2013 do roku 2020 zahrnuje srážkově i průtokově bohatý rok 2013 (tzn. významné nasycení půdy srážkami před povodněmi začátkem června), i následné šestileté období extrémního sucha v letech 2014–2019.

Jako příklad vyhodnocení je uveden rok 2015 a průběhy hydrologických veličin v povodí Lomnice. Obrázek 1 zobrazuje kombinovaný graf hydrogramu průměrných denních průtoků v profilu vodoměrné stanice Dolní Ostrovec spolu s průběhem průměrných denních stavů hladiny podzemní vody v mělkém vrtu Buzice (VP1127), který se nachází v nejmenší vzdálenosti od této vodoměrné stanice. Na grafu je názorně vidět závislost vývoje průměrných denních průtoků během výrazně suchého roku (zobrazeno v logaritmickém měřítku na hlavní ose y) a vývoje průměrných denních stavů hladiny podzemní vody v mělkém vrtu (zobrazeno v dekadickém měřítku na vedlejší ose y). Současně je dobře patrné, že k největšímu doplnění zásob podzemních vod a tedy k nejvyššímu nárůstu stavu hladin podzemních vod dochází během zimní oblevy v lednu a během jarního tání sněhových zásob v dubnu. Tato úroveň hladin podzemních vod již poté není během málo vodného roku překonána. Suchý ráz počasí a minimální srážky v pokračujícím jarním období nedoplňují zásoby podzemních vod a stav hladiny podzemních vod setrvale klesal. Výraznější srážky v polovině srpna sice způsobily zvětšení průtoků v povrchových tocích,

avšak na stavu hladin podzemních vod se projeví téměř nezatelně. Vzdělání hladin podzemních vod způsobily až vydatnější srážky v druhé polovině září a v říjnu, které spolu s poklesem průměrných denních teplot a snížením velikosti evapotranspirace umožnily postupné doplnění zásob podzemních vod a vzrůst hladin ve vrtech, ovšem nikoliv na úroveň ze začátku roku. Velmi dobře patrná je úzká provázanost mezi průtokem ve stanici a hladinou ve vrtu, zejména při poklesu od ledna do poloviny srpna. Hladina podzemní vody reaguje téměř okamžitě na zmenšování průtoků povrchové vody, naopak nárůst průtoků na podzim již podzemní voda reflektuje mnohem pozvolněji.



Obr. 1 Hydrogram průměrných denních průtoků v profilu vodoměrné stanice Dolní Ostrovec (Lomnice) a průběh průměrných denních stavů hladiny podzemní vody v mělkém vrtu Buzice (VP1127) v roce 2015

Závěr

Je zřejmé, že v povodí Lomnice existuje úzká provázanost mezi odtokovým režimem povrchových vod a režimem podzemní vody v přilehlých mělkých vrtech, zejména na poklesové části průběhů, jak je doloženo na příkladu suchého roku 2015, kdy byly srážky silně podnormální a kdy docházelo vlivem vysokých teplot k velké evapotranspiraci. Podobné závislosti vykazuje i porovnání povrchových a podzemních vod v sousedním povodí Skalice. Zpracování v dalších vybraných lokalitách se předpokládá do konce trvání projektu.

Hlavní výstup projektu, tzn. aplikace pro vyhodnocení hydrologické bilance malé vodní nádrže, bude dostupná online, pravděpodobně ve dvou variantách, pro širokou veřejnost a v rozšířené variantě pro vodoprávní úřady. Aplikace bude umožňovat základní i expertní posouzení hydrologické bilance povodí u plánovaných malých vodních nádrží.

Poděkování

Tento příspěvek vychází z řešení grantového projektu TITSMZP809 „Vliv malých vodních nádrží na hladinu podzemních vod a celkovou hydrologickou bilanci s důrazem na suchá období“.

Téma 2

Hydrologické extrémny, modelování a predikce



Charakteristiky sucha a ich zmeny vo vybraných vodomerných staniach na Slovensku v období 2001–2020 voči referenčnému obdobiu 1961–2000

Lotta BLAŠKOVIČOVÁ¹, Katarína MELOVÁ², Soňa LIOVÁ³, Jana PODOLINSKÁ⁴, Beáta SÍČOVÁ⁵, Martin GROHOL⁶

^{1,2} Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, Slovensko, ³ Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne stredisko Žilina, Slovensko, ⁴ Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne stredisko Banská Bystrica, Slovensko, ^{5,6} Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne stredisko Košice, Slovensko, email: lotta.blaskovicova@shmu.sk, katarina.melova@shmu.sk, sona.liova@shmu.sk, jana.podolinska@shmu.sk, beata.sicova@shmu.sk, martin.grohol@shmu.sk

Úvod

Sucho a jeho čoraz častejší výskyt je považovaný za jeden z najzávažnejších dopadov klimatickej zmeny. Slovenský hydrometeorologický ústav sa zaoberá hodnotením sucha z rôznych aspektov. Z pohľadu hydrologického režimu povrchových tokov na Slovensku a jeho zmien sa podrobne hodnotili hydrologické charakteristiky spojené so suchom, ich vývoj a zmeny. V 3 čiastkových správach Hodnotenie hydrologického sucha (Poárová et al., 2019, Blaškovičová et al., 2019 a Blaškovičová - Melová et al., 2021) sa vo vodomerných staniach s dlhodobým pozorovaním porovnali vybrané prietokové aj neprietokové charakteristiky sucha v období 2001–2015 voči referenčnému obdobiu 1961–2000.

V tomto príspevku, vzhľadom na to, že máme k dispozícii údaje za ďalších 5 rokov, hodnotíme pre vybrané vodomerné stanice sucho z pohľadu zmien hydrologických charakteristík za 20-ročie 2001–2020.

Metodika

Hodnotenie zmien vychádza z porovnania údajov za obdobia hydrologických rokov 2001–2020 a aktuálne platného referenčného obdobia 1961–2000 vo vybraných vodomerných staniach (VS), pričom údaje za rok 2020 zatiaľ považujeme za predbežné, nakoľko ešte neprešli finálnym spracovaním. Vybrali sme 13 vodomerných staníc, so zastúpením rôznych častí Slovenska; hodnotili sme aj tok Dunaj, aj keď jeho režim vzhľadom na rádovo väčšiu veľkosť má iný charakter a nakoľko jeho odtok vzniká mimo nášho územia, ani neodráža klimatické a odtokové pomery Slovenska. V jednotlivých vodomerných staniach sme hodnotili priemerné ročné prietoky, zmeny rozdelenia odtoku v roku, zmeny dlhodobých priemerných mesačných prietokov, zmeny krivky prekročenia prietokov – najmä kvantilov v oblasti malej vodnosti. Z neprietokových charakteristík sme analyzovali počty dní málo-vodných období t.j. priemerné denné prietoky Q_d menšie ako zvolené limity. Za limity sme zvolili hodnoty M-denných prietokov Q_{364d} , Q_{355d} , Q_{330d} a Q_{270d} .

Výsledky a závery

Z 10 najsuchších rokov z radov priemerných ročných prietokov obdobia 1961–2020 je vo väčšine hodnotených VS 4 až 6 rokov z obdobia 2001–2020, čo v prepočte vzhľadom na dĺžky porovnávaných období predstavuje väčšiu frekvenciu ich výskytu z tohto obdobia ako z obdobia referenčného. Výnimku predstavuje profil v severnej časti Slovenska (Javorinka, povodie Popradu a Dunajca) a tok Dunaj; u oboch boli z 10 najsuchších rokov 2 z obdobia 2001–2020. Medzi 10 najsuchšími rokmi v jednotlivých hodnotených VS mali z obdobia 2001–2020 zastúpenie okrem rokov 2012, 2003, 2007, 2004, 2008 (vyhodnotených ako najsuchšie v hodnotení po rok 2015 v čiastkovej správe (Poárová et al, 2019)) aj roky z ostatného 5-ročia: 2017, 2018 a 2019.

Pri analýze výskytu podnormálnej ročnej vodnosti ($Q_r < 90\% Q_{a,1961-2000}$) je vo väčšej časti hodnotených VS vyšší percentuálny výskyt takýchto rokov v období 2001–2020 ako v referenčnom období. Z 13 hodnotených staníc bolo percento výskytu takýchto rokov v období 1961–2000 v priemere približne 37%, kým v období 2001–2020 takmer 50%. Takmer rovnaké percento výskytu v oboch obdobiach sme zaznamenali v 4 staniach (toky Belá, Štiavnička, Torysa, Javorinka).

V rozdelení odtoku v roku sa v hodnotenom období 2001–2020 v porovnaní s referenčným vo väčšine staníc potvrdzujú zmeny identifikované v predošlom hodnotení obdobia 2001–2015 (Blaškovičová et al., 2019), t.j.

presun časti obvyklého zvýšeného jarného odtoku do predchádzajúcich mesiacov. Badateľný je nárast odtoku v mesiacoch január až marec a následne pokles oproti referenčnému obdobiu v jarných mesiacoch, prechádzajúci v časti hodnotených VS až do letných mesiacov. Výnimkou z hodnotených VS boli vodomerné stanice na tokoch v horských oblastiach severného Slovenska (Podbanské – Belá, Ždiar-Podspády – Javorinka), na ktorých nie je v hodnotenom období zaznamenaná výraznejšia zmena rozdelenia odtoku oproti obdobiu 1961–2000. V oboch týchto staniaciach je zaznamenaný aj mierny nárast dlhodobých prietokov (Q_a) v tomto období – o 3 až 4% oproti $Q_{a,1961-2000}$. Takmer vo všetkých ostatných hodnotených staniaciach sa prejavuje pokles $Q_{a,2001-2020}$ v rozmedzí od -1% (Torysa) až do -32% (Močiarka - Láb), pričom väčšie hodnoty poklesu – o viac ako 10% boli identifikované aj vo VS Nedožery – Nitra (-15%), Pezinok – Blatina (-13%), Poluvsie – Rajčianka (-13%).

Pri porovnávaní hodnôt M-denných prietokov v oblasti najmenších prietokov (Q_{364d} , Q_{355d}) sme v hodnotených VS zaznamenali pokles v období 2001–2020 voči referenčnému obdobiu len v 3 vodomerných staniaciach v západnej časti Slovenska (Nitra - Nedožery, Rajčianka – Poluvsie a Vlára - Horné Slnie, od -15% do -43,1%) a pre Q_{355d} v menšej miere (-8,8%) vo VS Štítnik - Štítnik. U prvých dvoch profilov sa prejavuje celkový pokles prietokov takmer vo všetkých mesiacoch aj v Q_a , pri ďalšom hodnotení preto overíme, či nedochádza v povodí k väčšiemu ovplyvneniu odbermi vody. V ostatných hodnotených staniaciach hodnoty spomínaných kvantilov vzrástli, alebo boli bez výraznejšej zmeny. Tomu odpovedajú aj výsledky hodnotenia počtu dní s Q_d menším ako zvolené prietokové limity. Pre limit $Q_{364d,1961-2000}$ boli odpovedajúce počty dní v už spomínaných VS na tokoch Nitra, Rajčianka a Vlára 4,6 až 7,0-násobne väčšie ako v referenčnom období. V ostatných hodnotených staniaciach sme zaznamenali výrazne nižší počet dní s podkročením $Q_{364d,1961-2000}$ ((4–42% z počtu dní v referenčnom období); dokonca v 4 VS bolo hodnotené obdobie bez výskytu podlimitných Q_d .

Výsledky vyplývajúce z analýz prietokových údajov vo vybraných VS ukazujú potrebu celoplošného prehodnotenia údajov, nakoľko v období 2001–2020 potvrdzujú negatívne zmeny v odtokovom režime identifikované už v hodnotení obdobia 2001–2015, ako aj regionálne rozdiely týchto zmien.

Zdroje

Blaškovičová L. a kol., (2020). Hodnotenie hydrologického sucha, časť 2: Hodnotenie zmien a trendov mesačných a ročných prietokov, čiastková správa. 64 s. SHMÚ, 2019. 978-80-99929-14-3

Poórová, J. a kol., (2020). Hodnotenie hydrologického sucha, časť: Hodnotenie vodnosti roka a zmien rozdelenia odtoku v roku, čiastková správa. 110 s. SHMÚ, 2019. ISBN 978-80-99929-09-9

Blaškovičová, L. – Melová, K. a kol. Hodnotenie hydrologického sucha, časť 3: Hodnotenie M-denných prietokov a neprietokových charakteristík, rozpracovaná čiastková správa, SHMÚ, 2021

Hydrologická situácia na slovenských tokoch z pohľadu hodnotenia hydrologického sucha v období 2011–2020

Zuzana DANÁČOVÁ, Katarína JENEIOVÁ, Lotta BLAŠKOVIČOVÁ

Slovenský hydrometeorologický ústav, Slovensko, email: zuzana.danacova@shmu.sk, katarina.jeneiova@shmu.sk, lotta.blaskovicova@shmu.sk

Úvod

Téma sucha a nedostatok vody aj vzhľadom na klimatickú zmenu je stále aktuálnou témou a to nielen vo vodnom hospodárstve, ale aj v poľnohospodárstve a v oblastiach využívania povrchových tokov (plavba, rybolov a pod.). Režim odtoku v roku je na slovenských tokoch typický zvýšeným odtokom v jarných mesiacoch a minimálnymi prietokmi v letno-jesennom, príp. v zimnom období pre horské toky. Klimatická štúdia za obdobie 1981–2013 na Slovensku poukazuje na časovú zmenu v distribúcii zrážok počas roka, na rastúci trend zrážok v júni, júli a januári a klesajúci trend zrážok v decembri, apríli, máji a auguste (Zeleňáková a kol., 2017). Podľa práce Blaškovičovej (2020) sa zmeny dlhodobých prietokov v rokoch 2001–2015 voči referenčnému obdobiu 1961–2000 pomerne dobre zhodujú s mapou zraniteľnosti územia Slovenska, ktorá bola vytvorená na základe analýz zmien dlhodobých prietokov za referenčné obdobie 1961–2000 voči obdobiu 1931–1980. Avšak už v tejto analýze sa prejavoval pokles hodnôt priemerných ročných prietokov v oblastiach pôvodne označených ako oblasti s nízkou zraniteľnosťou Orava, Kysuce, pravostranné prítoky Váhu z Karpát. Taktiež hodnotenie mesačných prietokov v období 2001–2015 voči referenčnému obdobiu v tejto štúdii ukázalo takmer pre celé územie Slovenska signifikantný nárast prietokov v mesiaci január, a naopak pokles v mesiacoch apríl a október.

Monitorovaním a štúdiom dlhotrvajúcich období sucha máme možnosť pripraviť návrhy opatrení na zlepšenie hydrologickej situácie na povrchových tokoch. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) od roku 2017 na svojich webových stránkach sprístupňuje pre verejnosť hodnotenie a informácie z monitorovania a vyhodnocovania hydrologického sucha (SHMÚ, 2021), založené na operatívnych údajoch z vybraných vodomerných staníc s minimálnym ovplyvnením hydrologického režimu. Tieto umožňujú počas roka každodenné posúdenie aktuálnej situácie na slovenských tokoch s dôrazom na hodnotenie hydrologického sucha na povrchových tokoch. Tento spôsob posudzovania počas roka sme preverovali v predkladanom príspevku, ktorý sa zaoberá hodnotením výskytu celoplošného sucha počas rokov 2011 až 2020 na území Slovenska.

Metodika

Hodnotenie hydrologickej situácie povrchových vôd vychádza z monitorovaných hydrologických údajov z vodomerných staníc štátnej hydrologickej siete. Monitorovanie hydrologických prvkov sa vykonáva podľa zákona č. 201/2009 Z. z. a v zmysle zákona č. 384/2009 Z. z. v znení neskorších predpisov v unifikovanej štátnej hydrologickej sieti, aktuálne v 418 režimových vodomerných staniaciach. Do hodnotenia hydrologického sucha na webovej stránke SHMÚ vstupujú operatívne údaje zo 164 staníc s minimálnym ovplyvnením hydrologického režimu. Aktuálna hydrologická situácia je prehľadne zobrazovaná s jednoduchým mapovým a grafickým náhľadom na celé územie Slovenska, s možnosťou priblíženia na konkrétny región, aj s možnosťou detailného náhľadu na priebeh a hodnotenie prietokov v konkrétnych vodomerných staniaciach (SHMÚ, 2021). V príspevku sa venujeme jednému z hodnotení, ktoré sa na uvedenej stránke zobrazuje, a to posúdeniu priemerných mesačných prietokov (Q_m) v jednotlivých rokoch v porovnaní s dlhodobými priemernými mesačnými prietokmi (Q_{ma}) za referenčné obdobie 1961–2000.

Hodnoty prietokov v rozmedzí 80–120 % $Q_{ma,1961-2000}$ považujeme za hodnoty blízke príslušným dlhodobým hodnotám a mesiace s Q_m väčšími ako 120 % $Q_{ma,1961-2000}$ za vodné až veľmi vodné. Hodnoty priemerných mesačných prietokov menšie ako 40% $Q_{ma,1961-2000}$ považujeme za prejav výrazne suchého obdobia, mesiace s hodnotami menšími ako 20 % $Q_{ma,1961-2000}$ hodnotíme ako extrémne suché.

Na posúdenie výskytu hydrologického sucha sme v prvom kroku použili mapové výstupy z online verzie monitoringu, kde sme vytypovali obdobia a oblasti s prevažujúcim výskytom Q_m pod hodnoty 40 % príslušných $Q_{ma,1961-2000}$ za obdobie hydrologických rokov 2011 až 2020. Tieto sme v druhom kroku overili analýzou verifikovaných prietokových údajov z 43 reprezentatívnych vodomerných staníc s dlhodobými pozorovaniami a s minimálne ovplyvneným hydrologickým režimom.

Výsledky a závěry

Výsledky analýz naznačujú, že v hodnotenom období 2011 až 2020 boli najsuchšími rokmi s najpočetnejším celoplošným výskytom (viac ako 40% hodnotených staníc) Q_m menších ako 40% príslušných $Q_{ma, 1961-2000}$ roky 2012, 2018, 2019 a 2020.

Mesiacmi, v ktorých sa v rokoch 2011 až 2020 najpočetnejšie vyskytovali Q_m menšie ako 40 % príslušných $Q_{ma, 1961-2000}$, sú mesiace apríl, jún, júl a august, čo potvrdzuje výsledky predchádzajúcej štúdie (Blaškovičová, 2020). Najmä častejší výskyt podpriemerných hodnôt Q_m v apríli naznačuje zmeny v rozdelení odtoku počas roku. Ak sa v zimnom období nevytvorí dostatočná snehová pokrývka, alebo nastane náhle oteplenie (roky 2011 až 2020 sú podľa WMO (2020) najteplejšou zaznamenanou dekádou) so skorším odtokom vody zo snehu, nevytvoria sa podmienky na obvyklý jarný odtok. To má potom často (v spojení s ďalším klimatickým vývojom) negatívny vplyv na hydrologické pomery aj v ďalšom období roka.

Najdlhšími obdobiami v rokoch 2011 až 2020, v ktorých sa nepretržite celoplošne vyskytovali Q_m nižšie ako 40 % príslušných $Q_{ma, 1961-2000}$ sú september 2011 až september 2012 a apríl 2018 až január 2019. V týchto dvoch obdobiach sa preukazuje dlhodobý pokles hodnôt i v oblastiach, ktoré sa nezhodujú s mapou zraniteľnosti území Slovenska a to napríklad v severozápadnej oblasti Slovenska, ktorá bola pôvodne zaradená do oblasti s nízkou zraniteľnosťou. Naďalej sa ako veľmi zraniteľné prejavujú oblasti na západe, juhu a juhovýchode Slovenska.

Uvedené výsledky naznačujú zmeny rozdelenia odtoku v roku i prípadné rozšírenie oblastí zraniteľnosti vzhľadom na častejší výskyt malej vodnosti a zdôrazňujú potrebu priebežného monitoringu aktuálneho vývoja priemerných mesačných prietokov. Hydrologické sucho sa v obvykle vodných mesiacoch neprejavuje tak výrazne ako v menej vodných mesiacoch (t.j. nedochádza k výskytu minimálnych prietokov alebo až k dočasnému vysychaniu tokov), z vodohospodárskeho hľadiska je však rovnako závažné, keďže môže znamenať nástup dlhého obdobia malej vodnosti a už v tejto fáze môže spôsobovať vodohospodárske problémy. Je teda potrebné sledovať nástup suchých období sledovaním poklesu Q_m pod dlhodobé hodnoty a obzvlášť pod kritické limity (40 %, 20% príslušných Q_{ma}) i v typicky vodných mesiacoch. Dostupnosť operatívneho hodnotenia v aktuálnom čase zobrazeného v prehľadných výstupoch (mapových, grafických) je jedným z vhodných nástrojov na včasnú detekciu nastupujúcich období dlhotrvajúceho sucha a umožňuje včasné prijatie adekvátnych opatrení.

Zdroje

Blaškovičová L. (Ed.) (2020). Hodnotenie hydrologického sucha, časť 2: Hodnotenie zmien a trendov mesačných a ročných prietokov, čiastková správa. 64 s. SHMÚ, 2019. 978-80-99929-14-3.

SHMÚ (2021). Monitoring hydrologického sucha, online: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=hydro_sucho>; citované: 25.2.2021

WMO (2020). WMO Provisional Report on the State of the Global Climate 2020, online: <https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21804#.X9n5bdhKhPZ>, citované: 25.2.2021.

Zákon č. 201/2009 Z. z. o štátnej hydrologickej službe a štátnej meteorologickej službe.

Zákon č. 384/2009 Z. z. ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení zákona č. 515/2008 Z. z.

Zeleňáková, M., Vido, J., Portela, M.M., Purcz, P., Blišťán, P., Hlavatá, H., Hlušík, P. (2017). Precipitation trends over Slovakia in the period 1981-2013. In: *Water*, Vol. 9, Iss. 12, 922.

Identifikácia výskytu historických súch na Dunaji a jeho prítokoch

Dana HALMOVÁ, Pavla PEKÁROVÁ, Jakub MÉSZÁROS, Pavol MIKLÁNEK, Veronika BAČOVÁ MITKOVÁ

Slovenská akadémia vied, Ústav hydrologie, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, email:
pekarova@uh.savba.sk; halmova@uh.savba.sk; hydrjaku@uh.savba.sk; miklanek@uh.savba.sk;
mitkova@uh.savba.sk

Abstrakt

V predloženom príspevku bola na identifikáciu výskytu extrémnych hydrologických súch – minimálnych prietokov použitá databáza denných prietokov, spracovaná v rámci medzinárodného projektu (Projekt IHP UNESCO – Low Flows and Hydrological Drought in the Danube Basin). Bolo vybraných 5 staníc na Dunaji (Hofkirchen, Achleiten, Bratislava, Orsova, Reni) a 5 staníc na významných prítokoch Dunaja (Lech-Landsberg, Morava-Moravský sv. Ján, Váh-Liptovský Mikuláš, Tisza-Senta, Sava-Litija) s čo najdlhšími radmi pozorovaní. Prvá časť príspevku je venovaná opisu metód identifikácie hydrologického sucha a identifikácii dlhodobých trendov odtoku. V druhej časti sú prezentované zmeny denných prietokov vo vybraných staniaciach za obdobie 1901–2019, (resp. 1921–2018).

Úvod

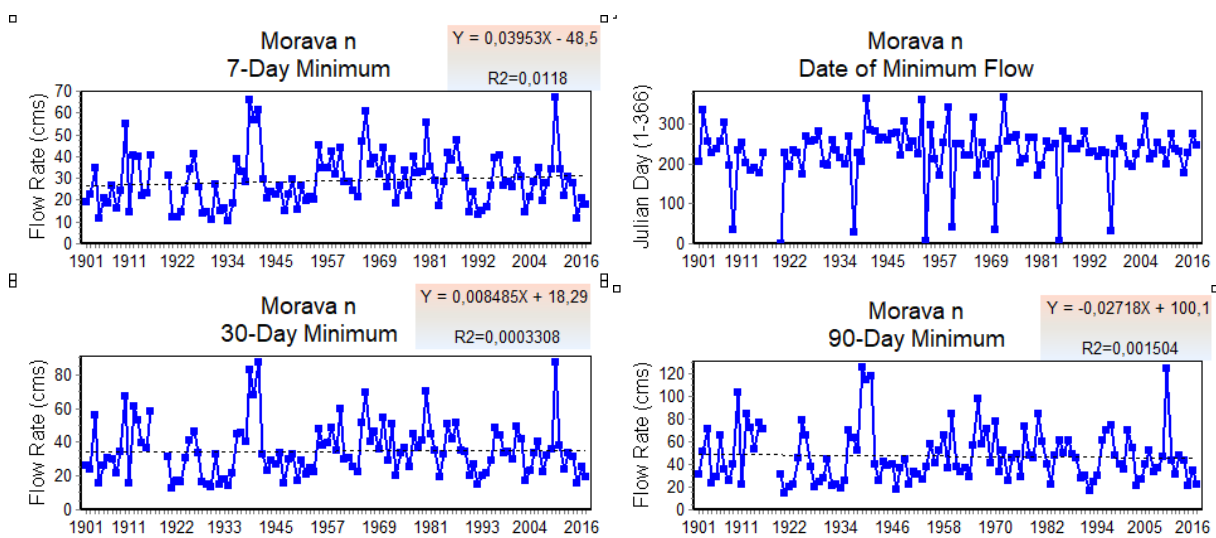
V poslednej dekáde po roku 2010 sa vyskytli v celom povodí Dunaja viaceré suché roky (Fendeková, Poárová, Slivová, 2017). Napr. v slovenskej časti povodia Moravy môžeme považovať rok 2017 za mimoriadne suchý, nakoľko bol vo všetkých staniaciach zaznamenaný podpriemerný prietok, väčšina staníc mala viac ako 10-dňové obdobia s prietokom pod hodnotou Q_{355} a jedenásť staníc bolo viac ako jeden deň pod hodnotou Q_{364} . V štyroch vodomerných staniaciach boli dni, počas ktorých boli korytá vyschnuté a v dvoch staniaciach boli dni s prietokom menším ako $0,001 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Najnižšie prietoky sa vyskytovali od júna do septembra, ale aj v januári, ktorý bol mimoriadne chladný (Mészáros, 2018). Vo vodomernej stanici s najdlhším radom nameraných prietokov, Moravský Svätý Ján: Morava, bol rok 2017 vyhodnotený ako tretí najsuchší od začiatku meraní, hoci táto stanica nevystihuje situáciu v študovanom území z geografického hľadiska. Situácia s nedostatkom vody za posledné roky spôsobila deficit aj pre rok 2018. Vyhodnocovanie minimálnych prietokov a základných charakteristík malej vodnosti je jedným zo základných podkladov na návrh, výstavbu a prevádzku vodohospodárskych zariadení a objektov na tokoch, na úpravu tokov i na ekonomické nakladanie s vodnými zdrojmi.

Cieľom tohto príspevku je identifikácia výskytu suchých období za čo najdlhšie časové obdobie. Preto boli pri štatistickej analýze vybrané toky, kde sú vyhodnotené denné prietoky minimálne od roku 1921. V tejto práci sú prezentované výsledky z vybraných piatich tokov v povodí rieky Dunaj a z piatich staníc na Dunaji.

Metodika

Z radov denných prietokov boli vyčlenené obdobia pre 5 odlišných typov EFC (Environmental Flow Component). Ide o: 1. nízke prietoky; 2. extrémne nízke prietoky; 3. pulzy/obdobia zvýšených prietokov; 4. malé povodne a 5. veľké povodne. Nízke prietoky (Low flows) sú dominantným javom u väčšiny riek. V prirodzených korytách riek, po období dažďov alebo po topení snehovej pokrývky postupne poklesne celkový (povrchový a podpovrchový) odtok z povodia, pričom sa odtok vráti do pôvodného prietokového stavu. Tieto nízke prietokové množstvá sú udržiavané prítokmi podzemnej vody do tokov. Extrémne nízke prietoky (Extreme low flows) nastávajú počas veľmi dlhých suchých období, prietoky v riekach klesajú a dostávajú sa do veľmi nízkych hodnôt. Extrémne nízke prietoky sme definovali ako prietoky pod hranicou 10% celého radu denných prietokov (zvolená prahová hodnota prietoku - Q_{329}). Nízke prietoky sme definovali ako prietoky pod hranicou 25% celého radu denných prietokov (zvolená prahová hodnota prietoku - Q_{273}).

Na identifikáciu zmien v hydrologických radoch denných údajov v tejto práci bol použitý hydrologický softvér IHA (Indicators of Hydrologic Alternations) verzia 7. Tento program bol nami použitý napr. v roku 2011 na identifikáciu zmien minimálnych denných prietokov v rôznych staniaciach na Dunaji (Halmová, a kol., 2011).



Obr. 1 Príklad vyhodnotenia rôznych charakteristík minimálnych prietokov, Morava: Moravský sv. Ján, 7-dňové minimum, dátum výskytu minimálneho denného prietoku v roku, 30-dňové minimum, 90-dňové minimum. Obdobie 1901–2017 (1917–1919 chýbajú údaje).

Výsledky

Z analýzy štatistických charakteristík malej vodnosti vybraných tokov v povodí Dunaja vyplýva, že obdobie 1920–1921 bolo mimoriadne suché obdobie. Na obr. 1 na príklade rieky Morava je vidieť, že v období 1921–1923 sa vyskytli v troch rokoch za sebou extrémne 90-dňové suché obdobia. Podobne tomu bolo v rokoch 1932–1935; v roku 1947; v rokoch 1990–94. Zatiaľ čo 7-dňové minimálne prietoky mierne stúpajú, v prípade 90-dňových miním je trend mierne klesajúci.

Záver

Pri hospodárení s vodou obdobie nízkych prietokov limituje využívanie povrchových vôd, odber vody pre rôzne účely, využívanie tokov pre energetické účely, plavbu a i. Napriek tomu je nutné – najmä počas obdobia nízkych prietokov – poskytovať povinný, resp. záväzný prietok (dohodnutý minimálny prietok), ktorý je potrebný aj pre zachovanie ekologickej či estetickej funkcie toku. S rastúcou teplotou atmosféry očakávame vyšší výpar z krajiny. V posledných troch desaťročiach dochádza k zmene bilancie vody na Slovensku (Garaj a kol., 2019). Na Slovensku bol zaznamenaný pokles ročných prietokov napriek nameraným vyšším zrážkovým úhrnom. Preto je potrebné pristúpiť k takým opatreniam v krajine, ktoré nebudú zvyšovať výpar, ale zachytávať vodu v krajine a dotovať toky počas dlhých období nízkej vodnosti.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná projektom VEGA No. 2/0004/19 „Analýza zmien vodnej bilancie povrchových vôd a harmonizácia výpočtu návrhových prietokov pri odhade rizika povodní a sucha v Karpatskej oblasti“ a projektom IHP UNESCO WATSIM - Simulácia teploty vody v tokoch v povodí rieky Dunaj počas letných nízkych prietokov.

Zdroje

Fendeková M., Poárová J., Slivová V., Eds. (2017). Hydrologické sucho na Slovensku a prognóza jeho vývoja. 1. vydanie. Bratislava, Univerzita Komenského, 2017. ISBN 978-80-223-4398-5, 300 s.

Halmová D., Pekárová P., Mészáros I. (2011). Identifikácia zmien minimálnych denných prietokov vo vybraných staniách rieky Dunaj (Low flow change analysis in selected gauging stations on the Danube River). In: *Acta Hydrologica Slovaca*, Vol. 12, No. 2, 2011, p. 286–295.

Mészáros J. (2018). Rok 2017 v slovenskej časti povodia Moravy so zameraním na suchu. Zborník príspevkov: 30. konferencia mladých hydroológov, Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav, 2018, s. 1–12.

Garaj, M., Pekarova, P., Pekar, J., Miklanek, P. (2019). The Changes of Water Balance in the Eastern Slovakia, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 362, pp 10.

Subdaily precipitation extremes in a changing climate

Martin HANEL, Petr Máca, Filip STRNAD

Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, Suchdol, 165 00 Praha, Czech Republic, email: hanel@fzp.czu.cz, maca@fzp.czu.cz, strnadf@fzp.czu.cz

Abstract

Estimating changes in precipitation extremes for daily and multi-day durations is a relatively standard task in the climatological literature (eg. Hanel and Buishand, 2009; Hanel and Buishand, 2012), change in sub-daily precipitation extremes however are not commonly performed, but studies dealing with these changes exist (Chan, et al. 2014; Prein, et al. 2017; Lenderink and Meijgaard, 2008). The procedures used in these studies can be divided into two groups – the first is based on analysis of long observed time-series, the second is the analysis of regional climate models simulations. The Clausius-Clapeyron equation dictates that the atmosphere is capable of holding about 7 % more water vapour when warmed by 1 °C (Lenderink and Meijgaard, 2008). Some studies based on observations show higher growth. Possible explanation is the possible concentration of moisture sources from larger areas during short intense events. This fact is taken into account for example in climate change scenarios for the Netherlands (KNMI, 2015), that show growth of precipitation extremes by 7–10 % / °C in the winter months and 10–14 % / °C in summer months. Climate model simulations in shorter than daily resolution were not usually available until recently (as opposed to daily simulations) and their use is therefore rather rare. In addition, due to systematic errors, it is not recommended to use these simulations in impact studies directly, but rather to use the derivation of coefficients of change (climatic factors) of precipitation extremes relevant to the given durations and return periods (Berg, et al. 2019, Sunyer, et al. 2017, Sunyer, et al. 2015). This makes it possible to eliminate the systematic errors in the precipitation simulation. This method assumes that the changes in precipitation are independent of systematic error. This assumption cannot be verified, however In the Czech Republic and in the world, the estimation of climate change scenarios using said factors is commonly used. In the present study we describe the application of multiscale index-flood model based on the Generalized Extreme Value distribution describing the characteristics of precipitation extremes from 30 min to daily durations. The model is applied to observed data as well as to an ensemble of hourly regional climate model (RCM) simulations. The changes from the RCM ensemble are then clustered to detect typical changes and extrapolated to durations shorter than 1 hour. The changes in quantiles of simulated sub-daily precipitation extremes are then used to alter estimates for observed data. Finally, the area reduction factors are provided to account for spatial smoothing of the extremes. This specific study was performed for the city of Prague. Similar, though not so detailed study, was performed for the whole Czech Republic.

Zdroje

- Berg, P., Christensen, O. B., Klehmet, K., Lenderink, G., Olsson, J., Teichmann, C., & Yang, W. (2019). Summertime precipitation extremes in a EURO-CORDEX 0.11 degrees ensemble at an hourly resolution. *Natural hazards and earth system sciences*, **19**(4), s. 957–971.
- Chan, S. C., Kendon, E. J., Fowler, H. J., Blenkinsop, S., & Roberts, N. M. (2014). Projected increases in summer and winter UK sub-daily precipitation extremes from high-resolution regional climate models. *Environmental Research Letters*, **9**(8), 084019.
- Hanel, M., & Buishand, T. A. (2012). Multi-model analysis of RCM simulated 1-day to 30-day seasonal precipitation extremes in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, Vol. **412**, s. 141–150.
- Hanel, M., Buishand, T. A., & Ferro, C. A. (2009). A nonstationary index flood model for precipitation extremes in transient regional climate model simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **114**(D15).
- KNMI, 2015: KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands; A guide for professionals in climate adaptation, KNMI, De Bilt, The Netherlands, 34 pp.
- Lenderink, G., Van Meijgaard, E. (2008). Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes. *Nature Geoscience*, **1**(8), s. 511–514.

Sunyer, M. A., Luchner, J., Onof, C., Madsen, H., & Arbjerg-Nielsen, K. (2017). Assessing the importance of spatio-temporal RCM resolution when estimating sub-daily extreme precipitation under current and future climate conditions. *International Journal of Climatology*, **37**(2), s. 688–705.

Prein, A. F., Rasmussen, R. M., Ikeda, K., Liu, C., Clark, M. P., & Holland, G. J. (2017). The future intensification of hourly precipitation extremes. *Nature Climate Change*, **7**(1), s. 48–52.

Sunyer, M. A., Gregersen, I. B., Rosbjerg, D., Madsen, H., Luchner, J., & Arbjerg-Nielsen, K. (2015). Comparison of different statistical downscaling methods to estimate changes in hourly extreme precipitation using RCM projections from ENSEMBLES. *International Journal of Climatology*, **35**(9), s. 2528–2539.

Neistoty klimatických impaktových štúdií v hydrologických aplikáciách

Hana HLAVÁČIKOVÁ, Eva KOPÁČIKOVÁ, Danica LEŠKOVÁ

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovenská republika, email: hana.hlavacikova@shmu.sk, eva.kopacikova@shmu.sk, danica.leskova@shmu.sk

Úvod

Klimatické modely sú už niekoľko rokov až desaťročí bežne aplikované na možný predpokladaný vývoj klímy do budúcnosti. Výstupy z nich sa používajú v impaktových štúdiách o dopadoch klimatickej zmeny v rôznych sférach pôsobenia. Vývoj zmeny klímy závisí od ľudského vplyvu na klímu, ale aj od internej dynamiky klímy a od vonkajších prírodných vplyvov, ako je solárna variabilita, vulkanické erupcie a v dlhšej časovej mierke aj od zemských orbitálnych parametrov, ktoré do budúcnosti nie sú známe. Avšak ľudský impakt na klímu v 21. storočí (a v podstate už od nástupu priemyselnej revolúcie) sa zdá byť významne vyšší, než prírodné faktory. Tento impakt je tiež veľmi ťažko predpovedateľný. Napriek tomu je možné odhadovať rôzne hypotetické smerovania budúceho vývoja socio-ekonomického rozvoja a vzťahovať ich k vývoju koncentrácií antropogénnych emisií skleníkových plynov a aerosólov v atmosfére v podobe rôznych emisných scenárov. Vďaka regionálnym klimatickým modelom (RCM) je možné informácie z globálnych cirkulačných modelov (GCM) aplikovať v regionálnych a lokálnych podmienkach.

V tejto práci sme sa zaoberali impaktom klimatickej zmeny na 100-ročné (Q_{100}) povodňové prietoky analyzované v niekoľkých vodomerných staniách Slovenska. Podkladom boli výstupy z klimatických, ale aj hydrologických modelov z databázy SWICCA (Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation, <https://climate.copernicus.eu/water-indicators-climate-change-adaptation>, dostupné 15.5.2019, alebo v novšej verzii: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/sis-water-quantity-swicca?tab=overview>, dostupné 20.3.2021). Výsledky boli čiastočne publikované v práci Kopáčiková et al. (2020) a prezentované na Dunajskej konferencii v príspevku Kopáčiková et al. (2021). V tomto príspevku by sme chceli poukázať: 1/ na neistoty spojené s použitím výstupov z klimatických modelov a 2/ na spôsob aplikácie klimatických dát z klimatických projekcií (z RCM) v hydrologickom modelovaní.

Metodika

Zdroje neistôt klimatických impaktových štúdií

Pri impaktových štúdiách klimatickej zmeny je potrebné počítať s viacerými neistotami. Hlavné zdroje neistôt je možné rozdeliť do niekoľkých skupín, a to neistoty spojené s: 1/ výberom použitých klimatických modelov (či už GCM alebo RCM) a ich parametrizáciou a konceptualizáciou, 2/ výberom klimatického scenára, ale aj so spôsobom, akým sú tieto scenáre stanovené (neistota scenára), 3/ úpravou výstupov z klimatických modelov škálovacími technikami (downscaling) a korekciami chyby (bias correction - BC). V prípade impaktových štúdií, v ktorých sú výstupy z klimatických modelov aplikované v hydrologických modeloch, je treba počítať aj s neistotami vyplývajúcimi z výberu konkrétneho hydrologického modelu.

V práci boli z databázy SWICCA použité priemerné denné prietoky, ktoré boli výsledkom kombinácie 4 globálnych cirkulačných modelov, 4 regionálnych modelov, 3 klimatických scenárov (RCP 2.6, 4.5, 8.5) a dvoch hydrologických modelov (HYPER a LISFLOOD), čím vznikol ansámbl 22 členov priemerných denných prietokov do budúcnosti.

Údaje z RCM modelov poskytované databázou SWICCA boli vytvorené v rámci iniciatívy EURO-CORDEX, ktoré patria ku generácii európskych RCM projekcií s priestorovým rozlíšením 12 x 12 km a boli korigované BC metódou „quantile-mapping“ (Wilcke et al., 2013).

Aplikácia výstupov z RCM modelov v hydrologických modeloch

Aj napriek veľkej snahe o čo najlepšiu úpravu výstupov z RCM modelov ich preškálovaním a úpravou metódou BC, viaceré meteorologické premenné RCM modelov aj po ich úprave stále nie sú vhodné pre ich použitie v hydrologických klimatických impaktových štúdiách (Teutschbein a Seibert, 2012).

Riešením je v zásade niekoľko prístupov: 1/ multi-ansámblový prístup, 2/ použitie ansámblu klimatických a hydrologických modelov bez ďalšej korekcie už korigovaných klimatických dát, 3/ korekcia odchýlky priamo na hydrologických údajoch. V tejto práci bola použitá metóda korekcie odchýlky priamo na hydrologických dátach. Testovaná bola metóda lineárneho škálovania a škálovania s rozptylom.

Výsledky

Pre referenčné obdobie rokov 1971–2001 boli porovnávané časové rady priemerných denných prietokov neupravených výstupov z dvoch hydrologických modelov databázy SWICCA, lineárne preškálované výstupy a výstupy upravené škálovaním s rozptylom. Boli nastavené kritériá na posúdenie zhody radov údajov meraných a modelovaných prietokov. Na základe stanovených kritérií posledná metóda poskytla najlepšie výsledky a bola úspešne aplikovaná pre 7 vodomerných staníc Slovenska. Výstupy z hydrologických modelov databázy SWICCA nebolo možné použiť predovšetkým pre malé povodia a povodia so zložitou orografiou, prípadne zložitou tvorbou odtoku. Pre 4 stanice, kde výsledky nezodpovedali stanoveným kritériám, boli použité BC korigované výstupy priamo z RCM modelov databázy SWICCA (teploty vzduchu a zrážky), ktoré boli aplikované v nakalibrovanom modeli HBV v dennom kroku. Kalibrácia bola robená na základe meraných dát. Výstupy z hydrologického modelu boli opäť testované na referenčnom období a boli preškálované metódou škálovania s rozptylom.

Analýza v našej práci potvrdzuje skutočnosť, že výstupy z RCM modelov nie je možné bez hlbšej analýzy na referenčnom období priamo použiť v hydrologických modeloch a výstupy z RCM modelov je nutné pre hydrologické modelovanie korigovať. Odporúčame preto v ďalšom preskúmať možnosti rôzneho spôsobu škálovania výstupov z európskych RCM modelov do regionálnej mierky predovšetkým menších povodí, čím by sa zohľadnili špecifiká orografie územia a rozšírila by sa možnosť aplikácie dostupných klimatických projekcií v hydrologickom modelovaní.

Záver

Táto práca poskytuje pohľad na aplikáciu výstupov z klimatických regionálnych modelov a hydrologických modelov získaných z databázy SWICCA pre potreby klimatickej impaktovej štúdie na odhad Q_{100} v niektorých vodomerných staniách Slovenska. Ukazuje na využiteľnosť týchto dát, ale aj na neistoty súvisiace s týmito výstupmi. Príspevok môže prispieť k odbornej diskusii o použití dát z európskych regionálnych klimatických modelov a ich následnej aplikácii v hydrologických modeloch v špecifických podmienkach meších štátov a ich povodí.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0340.

Zdroje

Kopáčiková, E., Hlaváčiková, H., Lešková, D. (2020). Climate change impact study on 100-year floods of selected Slovak catchments. *Acta Hydrologica Slovaca* **21**(2), s. 160–171.

Kopáčiková, E., Hlaváčiková, H., Hrušková, K., Lešková, D. (2021). SWICCA data in climate change impact study on 100-year floods. XXIX. Conference of the Danubian Countries, Sept. 6–7, 2021, Brno, Czech Republic.

Teutschbein, C., Seibert, J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, 456–457, 12–29.

Wilcke, R.A.I., Mendik, T., Gobiet, A. (2013). Multi-Variable Error Correction of Regional Climate Models. *Climatic Change*, **120** (4), s. 871–887.

Povodňové situace roku 2020 pohledem Regionálního předpovědního pracoviště ČHMÚ Ostrava

Alena KAMÍNKOVÁ, Ondřej KOSÍK, Jarmila ŠUSTKOVÁ

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava, ČR, email: alena.kaminkova@chmi.cz, ondrej.kosik@chmi.cz, jarmila.sustkova@chmi.cz

Úvod

Na základě vodního zákona zabezpečuje ČHMÚ ve spolupráci s Podniky povodí Hlásnou a předpovědní povodňovou službu. Hydrologická předpovědní služba Regionálního předpovědního pracoviště Ostrava tuto službu zajišťuje v rámci územní působnosti pobočky ČHMÚ Ostrava, konkrétně pro povodí Odry, horní Moravy a Bečvy.

Hlavním cílem Předpovědní povodňové služby je včasné a kvalitní informování odborné i laické veřejnosti o aktuálních stavech na tocích, o nebezpečí vzniku povodně, o jejím vzniku a dalším vývoji. Vzhledem k tomu, že se v ČR vyskytují různé typy povodní, které kladou rozdílné nároky na předpovědní nástroje, je nutné tyto nástroje neustále zdokonalovat a vyvíjet.

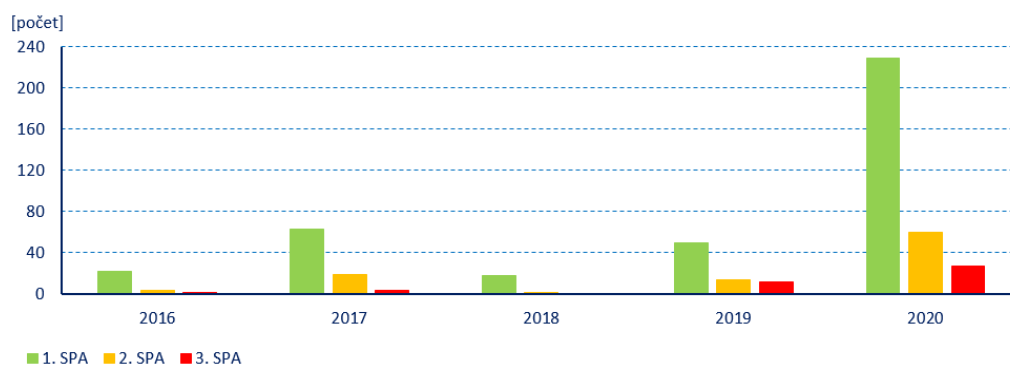
V posledních letech nedocházelo v územní působnosti pobočky Ostrava k častým povodňovým situacím, byl zde proto prostor k vývoji nástrojů pro hydrologické modelování tak, aby v případě povodňových situací bylo možné kvalitně a rychle reagovat na vzniklou událost. Aktuální trendy v problematice ochrany před povodněmi se v posledních letech obrací hlavně k pravděpodobnostním a variantním předpovědím. Regionální předpovědní pracoviště Ostrava má v současnosti k dispozici dva srážkoodtokové modely pro výpočty hydrologických předpovědí, a to HYDROG (Starý, 1997) a od roku 2013 také HEC-HMS (USACE, 2020). Vstupní data pro tyto modely jsou připravována v databázovém systému CLIDATA, jehož srážkoodtokový modul SOMDATA prošel v posledních letech také velkým vývojem (Kosík, 2018). V průběhu let byly rozšířeny možnosti meteorologických vstupů, počítá se hydrologická předpověď vycházející z několika lokálních i globálních meteorologických modelů. Výstupem pak jsou kromě jedné deterministické předpovědi také předpovědi variantní a pravděpodobnostní. Od roku 2019 dochází díky projektu MV VI20192021166 „Hydrometeorologická rizika v České republice – změny rizik a zlepšení jejich predikcí“ k implementaci pravděpodobnostních předpovědí vycházejících z ansámbových meteorologických vstupů ALADIN-LAEF a ECMWF-EPS do srážkoodtokového modelu HEC-HMS. V rámci ČHMÚ také pokračuje zavádění platformy FEWS (otevřená platforma pro zpracování hydrometeorologických dat a pro provoz hydrologických modelů).

Metodika

Předkládaný příspěvek se bude zabývat zhodnocením jednotlivých povodňových epizod roku 2020, úspěšnosti vydávání výstražných informací a hydrologických předpovědí. Také se zamyslí nad rolí hydroprognostika v procesu srážkoodtokového modelování a nastíní možnosti dalšího budoucího vývoje. Příspěvek také poukáže na povodňové situace, při kterých dochází k největším rozdílům mezi pozorovaným a predikovaným průtokem, a jak lze tyto situace řešit z hlediska včasného varování před rizikem povodní.

Výsledky

V roce 2020 se vyskytly jak povodně z tání sněhu v kombinaci s dešťovými srážkami (únor), přívalové povodně (červen) i povodně z regionálních déle trvajících dešťů (červen, říjen). Mimo tyto větší povodňové situace se vyskytla skoro každý měsíc menší povodňová epizoda v rámci některého z dílčích povodí. Pouze v měsících leden, březen a duben nebyl na sledovaných profilech na tocích zaznamenán žádný výskyt SPA. Odlišnost roku 2020 od předchozích let je zobrazena v rámci porovnání na Obr. 1., kde jsou uvedeny počty překročení 1., 2. a 3. SPA ve vodoměrných stanicích na území pobočky ČHMÚ Ostrava v letech 2016–2020.

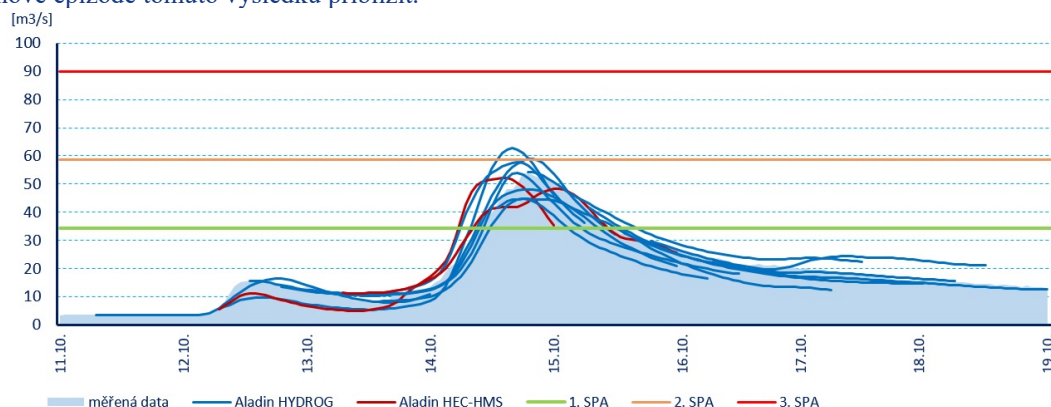


Obr. 1 Počet překročení 1., 2. a 3. SPA ve vodoměrných stanicích v územní působnosti ostravské pobočky ČHMÚ v letech 2016–2020

Mezi další službu ČHMÚ, která je zčásti naplněním Hlásné a předpovědní povodňové služby, patří Systém integrované výstražné služby (SIVS, 2021) a s tím související vydávání výstražných informací na povodňové jevy s dostatečným předstihem a zacílením na předpokládané zasažené povodí. Vzhledem k vývoji této služby a snahou vydávat výstražné informace na stále menší územní celky (ORP) může být lokalizace daného jevu v určitých případech ne zcela přesná. Také v této oblasti byl rok 2020 specifický. Celkem bylo vydáno 44 výstražných informací, které obsahovaly výstrahy na povodňové jevy (pro srovnání s rokem 2019, kdy bylo vydáno celkem 11 výstražných informací), výrazně více pak bylo vydáno také výstražných informací na pozorovaný jev (dosažení 3. SPA v profilu na toku s P100%), a to celkem 29krát (v roce 2019 to bylo pro srovnání jen 9krát).

Závěr

Rok 2020, který se vyznačoval četným výskytem povodňových jevů v rámci působnosti celé pobočky Ostrava, prověřil, jestli vývoj předpovědních nástrojů, který byl popsán v úvodu tohoto abstraktu, směřoval ke správným cílům. Na Obr. 2. je zobrazen téměř ideální výstup hydrologického modelování. Snahou je se při každé další povodňové epizodě tomuto výsledku přiblížit.



Obr. 2 Hydrologické předpovědi z modelu HYDROG a HEC-HMS v období 11. až 17. října 2020 ve stanici Lupěná (Moravská Sázava)

Poděkování

Část práce byla vytvořena v rámci projektu MV VI20192021166 „Hydrometeorologická rizika v České republice – změny rizik a zlepšení jejich predikcí“

Zdroje

Kosík, O., Kamínková, A., Šustková, V., (2018). Využití databázového systému CLIDATA a aplikační nadstavby SOMDATA pro přípravu variantních vstupních dat pro tvorbu hydrologických předpovědí za použití srážkoodtokových modelů AQUALOG, HEC-HMS a HYDROG. In: *Meteorologické zprávy*, roč. 71, č. 6, s. 179–185. ISSN 0026-1173.

SIVS – Systém integrované výstražné služby ČHMÚ (2021) [on-line.] [cit. 22. 2. 2021]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/informace-pro-vas/prezentace-a-vyuka/SIVS>.

Starý, M., (1997). HYDROG-S. Popis programu. Brno, Hysoft. Nепublikováno. 112 s.

USACE – US Army Corps of Engineers (2020) Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual. [on-line.] [cit. 22. 2. 2021]. Dostupné z WWW: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/4.7/>.

Testovanie simulačného modelu kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd na pilotnom území podľa metodiky SR

Miroslav KANDERA¹, Zuzana DANÁČOVÁ², Ľubica LOVÁSOVÁ³, Roman VÝLETA⁴

^{1,2,3} Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovenská republika, email: miroslav.kandera@shmu.sk, zuzana.danacova@shmu.sk, lubica.lovasova@shmu.sk, ^{1,4} Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Radlinského 2766/11, 810 05, Bratislava, Slovenská republika, email: miroslav.kandera@stuba.sk, roman.vyleta@stuba.sk

Úvod

V poslednom období sa Slovenský hydrometeorologický ústav (ďalej len SHMÚ) začal okrem iného aj intenzívnejšie zaoberať problematikou prehodnotenia štruktúry a platnej metodiky vodohospodárskej bilancie množstva a režimu povrchových vôd za uplynulý rok. Pri riešení tejto problematiky v dnešnej dobe už nie je možné výlučne uvažovať len o využívaní vôd, ale mali by zahŕňať aj potreby ekosystémov (nielen rešpektovanie ekologických limitov využívania vôd) a prebiehajúce globálne zmeny. Vzhľadom na ciele trvalo udržateľného rozvoja vo vodnom hospodárstve je základom poznanie a definícia zdrojov vody, ale aj vplyvov na vodné zdroje v čase, alebo priestore. Podmienkou správneho vyhodnotenia bilančného stavu vodných útvarov v rámci vodného hospodárstva je dosiahnutie dostatočnej úrovne kvality, množstva a spôsobu spracovania informácií o prirodzenom režime vody v prírode a jednotlivých vplyvoch užívania vody.

V príspevku je prezentovaná len parciálna časť riešenia problematiky vodohospodárskej bilancie a to využitie a testovanie komerčného simulačného modelu kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd pri zohľadnení platnej metodiky SR na pilotnom území. Na Slovensku neboli vo vodnom hospodárstve simulačné bilančné modely dodnes plnohodnotne aplikované a preto by mohol byť výskum v tejto oblasti nápomocný jednak pre plánovanie, riešenie problémových oblastí (podrobné bilancie), ale zároveň aj na uľahčenie zapojenia zainteresovaných strán do plánovacieho a rozhodovacieho procesu v rôznych úrovniach.

Metodický postup

Metodika spracovania vodohospodárskej bilancie kvantity povrchových vôd za uplynulý rok SR

Na základe definície kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd sú porovnávané zdroje vody s požiadavkami na vodu v čase a priestore. Je teda posudzovaná hodnota nerovnosti zapísaná v dnešnej podobe do tvaru podľa vzťahu (1), kde je potrebné zohľadniť jednotlivé typy prvkov vodohospodárskej bilancie.

$$\text{ZDROJE} \Leftrightarrow \text{POTREBA, resp. } C \mp N \mp P + V \Leftrightarrow O + MQ \quad (1)$$

kde C – prirodzené vodné zdroje, N – činnosť nádrží, P – prevody vody, V – vypúšťanie odpadových vôd, O – odbery vody a MQ – minimálny bilančný prietok.

Bilančný výpočet podľa platnej metodiky je realizovaný za uplynulý rok, pričom vodohospodárska bilancia kvantity povrchových vôd obsahuje hodnotenie skutočne realizovaných požiadaviek na vodu a skutočného stavu povrchových vodných zdrojov vždy pre 12 mesiacov v kalendárnom roku v bilančných profiloch vybraných vzhľadom na dosahujúce stupne bilančnej napätosti a dostupnosť hydrologických údajov (pozri Lovásová a kol., 2019).

Výber simulačného bilančného modelu

Na výskum a riešenie problematiky vodného hospodárstva a prerozdelenia vody v povodí je v súčasnosti vo svete k dispozícii množstvo simulačných modelov/softvérov začlenených do interaktívnych grafických rozhraní, pričom všetky vytvárajú zjednodušené reprezentácie systémov reálneho sveta. Našli uplatnenie a osvedčili sa aj v krajinách majúci už vytvorenú kvalitnú monitorovaciu sieť a metodiku na získavanie údajov o užívaní vody ako v SR (krajiny západnej Európy, severnej Ameriky a pod.). V priebehu rokov sa počas ich vývoja vytvorila tzv. generickosť, teda súbor vlastností majúce softvéry tohto druhu spoločné, či už spôsob simulácie alebo vytvárania údajovej či schematickej štruktúry povodia a riečnej siete. Každý softvér má však svoje špeciálne vlastnosti a formy užívateľského prostredia. Pre potreby tejto vedecko-výskumnej úlohy bol na základe prednosti

v automatizácii simulačného procesu oproti iným softvérom, schopnosti definovať a vytvárať nové vlastnosti bilančných prvkov, náročnosti na prípravu a kompatibilitu vstupných údajov, aktualizácie a limity vybraný softvér WEAP (Yates a kol., 2005).

Testovanie modelu vodohospodárskej bilancie

Po zostavení schémy modelu, dátovej štruktúry, definovania premenných a vzťahov bol niekoľkokrát kalibrovaný a verifikovaný bilančný simulačný model pre získanie potrebných bilančných charakteristík. Ako pilotné územie pre potreby testovania softvéru WEAP v oblasti kvantitatívnej vodohospodárskej bilancie povrchových vôd podľa metodiky SR bolo definované povodie rieky Hron od prameňa až po ústie do rieky Dunaj s celkovou plochou 5 463.5 km². Na povodí boli bilancované 4 toky: Hron (11 bilančných profilov, ďalej len BP), Slatina (3 BP), Zolná (1 BP) a Bystrica (1 BP). Nachádzajú sa tu 4 vodné nádrže (ďalej len VN): VN Bátorovce (potok Jabloňovka), VN Kozmálovce (Hron), VN Môt'ová a Hriňová (Slatina) a 2 prevody (Dedičná štôlna a vodný kanál Perec). Pre testovanie modelu pracujúceho v mesačnom časovom kroku bol vybraný časový rad vstupných údajov v období r. 2000-2019. V danom období bolo aktívnych 122 odberov povrchových vôd, 772 odberov podzemných vôd, 319 vypúšťaní odpadových vôd a 4 nádrže.

Výsledky a diskusia

Z dosiahnutých výsledkov, či už grafických alebo tabelárnych možno hodnotiť použiteľnosť softvéru WEAP pre naše fyzicko-geografické podmienky pri zohľadnení platnej metodiky riešenia Vodohospodárskej bilancie množstva povrchových vôd za uplynulý rok, pričom je možné operatívnejšie analyzovať a porovnávať prvky vodohospodárskej bilancie. Navyše takto zostavený model vychádzajúci z matematického opisu všetkých závislostí medzi zdrojmi a požiadavkami umožňuje riešiť pomocou počítačovej techniky celý rad variantných obmien tak v zdrojoch, ako aj požiadavkách na vodu. Poskytuje preto informácie a vedomosti na zlepšenie riadenia vodných systémov a procesov vodného plánovania. Obzvlášť pri nedostatku vody môže byť účinným nástrojom, ktorý zabezpečuje spôsob predpovedania interakcií medzi zdrojmi a požiadavkami vody vplyvom zmien pravidiel v čase a priestore s cieľom stanoviť vhodnejšie opatrenia na zmiernenie sucha. Vhodné opatrenia môžu znížiť vplyv nedostatku vody, čo má za následok zmiernenie hospodárskych, sociálnych a environmentálnych následkov sucha v súčasných vodohospodárskych systémoch. Softvér WEAP má teda potenciál byť flexibilným nástrojom na riešenie podrobných bilancií, pri hodnotení stanovovaných hodnôt vo vodohospodárskych bilanciách, ako sú povolené odbery, minimálne prietoky a nastavovaní opatrení.

Záver

Keďže na Slovensku neboli bilančné simulačné modely zahrnuté plnohodnotne do praxe, výstupy tejto časti výskumnej úlohy sú vyhodnotené ako potrebné a pokladané za snahu o posun vpred v tejto oblasti. Základ riešenia danej problematiky je v aplikácii komplexných softvérov určených na modelovanie riečnej siete z hľadiska vodného hospodárstva a simuláciu prerozdelenia vody pri meniacich sa podmienkach.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0340 a grantovým projektom VEGA 1/0632/19.

Zdroje

Lovásová, L., a kol. Kvantitatívna Vodohospodárska bilancia za rok 2019, Slovenský hydrometeorologický ústav Bratislava, 2020, 320 strán, (ročnica SHMÚ http://www.shmu.sk/File/Hydrologia/Vodohospodarska_bilancia/VHB_kvantita_PV/VHB_2019_skratena%20verzia.pdf).

Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., Huber-Lee, A. (2005). WEAP21 a demand, priority, and preference driven water planning model. Part I. Model characteristics. *Water International*, **30** (4), s. 487– 500. (článok odborného časopisu)

Analýza budúcich zmien krátkodobých úhrnov dažďov na území Slovenska

Gabriel FÖLDES, Silvia KOHNOVÁ

STU v Bratislave, Stavebná Fakulta, Katedra vodného hospodárstva krajiny, email: gabriel.foldes@stuba.sk, silvia.kohnova@stuba.sk

Úvod

Ako uvádza medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC 2013), budúca klíma bude premenlivejšia alebo extrémnejšia s veľmi pravdepodobným zvýšením frekvencie intenzívnych zrážok. Trenberth a kol. (2003) tiež uvádzajú, že hlavné klimatické zmeny sa prejavujú vo vlastnostiach zrážok, ako sú intenzita, frekvencia a trvanie zrážok. Z hľadiska spoločnosti, počasia a podnebia sú intenzita zrážok, trvanie a frekvencia rovnako dôležité ako celkové množstvo zrážok, pretože tieto faktory ovplyvňujú množstvo zrážok ktoré odtečie pri extrémnom odtoku. Klimatické modely sa vo veľkej miere používajú na hodnotenie minulosti a tvorbu prognóz do budúcnosti, ale vzhľadom na ich nepreukázanú spoľahlivosť v menších mierkach potrebujeme viac poznatkov o miestnych vplyvoch klimatickej zmeny, aby sme mohli pomocou dlhodobých pozorovacích záznamov vyhľadať potenciálne signály zmien zrážok (Tebaldi et al. 2006; Koutsoyiannis et al. 2008).

Pri hodnotení a analýze charakteristík úhrnov zrážok do budúcnosti sa používajú najnovšie scenáre z výstupov globálnych cirkulačných modelov (GCM). Tieto poskytujú mnoho informácií o základných klimatických elementoch ako sú zrážky, teploty vzduchu, ale aj atmosférický tlak. Práve zmeny atmosférického tlaku môžu ovplyvňovať aj zrážkový režim a jeho zmeny, ktoré analyzovali v práci autori Lapin a kol. (2003). Na Slovensku a v Čechách sa globálne otepľovanie už prejavilo v náraste priemernej ročnej teploty vzduchu a to o 1.1 stupeň za posledných 100 rokov (SHMÚ, 2018). Zároveň došlo k poklesu početnosti výskytu atmosférických zrážok, ale naopak k nárastu výskytu extrémnych denných úhrnov atmosférických zrážok spojených s prívalovými povodňami.

V tejto práci sú využité výstupy z regionálneho klimatického modelu CLM (Community Land Model) na analýzu budúcich zmien v režime a charakteristikách krátkodobých úhrnov dažďov vo vybraných 68 klimatologických staniách na území Slovenska. CLM model vznikol v rámci spolupráce vedcov z rôznych inštitúcií zaoberajúcich sa pozemnými, klimatickými a atmosférickými vedami v USA (UCAR, 2019). Model využíva koncepciu ekologickej klimatológie, ktorá je využitá ako interdisciplinárny rámec na pochopenie prirodzených ale aj ľudských zmien vo vegetácii a ich vplyv na klímu. CLM sa zaoberá aspektmi, ktoré umožňujú štúdium obojsmerných interakcií medzi ľudskými činnosťami v krajine a podnebím vrátane zmien zemského pokryvu/zmien využívania pôdy, poľnohospodárskych postupov a urbanizácie (Böhm et al., 2006).

Medzi hlavné charakteristiky krátkodobých úhrnov dažďov ktoré boli v rámci štúdie analyzované patrí okrem základných štatistík analýza trendov, sezónnosti a detekcia zmien v škálovacích exponentoch zrážok, s cieľom následného odhadu návrhových hodnôt krátkodobých úhrnov dažďov, ktoré sú vo vodohospodárstve využívané pri navrhovaní vodohospodárskych stavieb a vodohospodárskych opatreniach.

Metodika

V analýze bolo použitých viacero metodík; na odhad sezónnosti bola použitá metóda Burnovho vektoru (Burn, 1997); je často používaná na odhad výskytu extrémnych sezónnych javov. Táto metóda popisuje variabilitu dátumu, kedy dôjde k maximálnym zrážkam, takže smer vektora zodpovedá očakávanému dňu výskytu v priebehu roka, zatiaľ čo jeho dĺžka popisuje variabilitu okolo predpokladaného dátumu výskytu. Za účelom posúdenia trendov v dátach bol použitý Mann – Kendallov test trendu (Kendall 1955). Úlohou testu je štatistické posúdenie štatistickej významnosti stúpajúceho alebo klesajúceho trendu vybranej veličiny v čase. Na odhad návrhových hodnôt krátkodobých úhrnov dažďov pre miesta bez priamych pozorovaní sa použila metóda jednoduchého škálovania.

Výsledky a záver

Cieľom príspevku bolo posúdenie regionálnych klimatických scenárov pre hodnotenie budúcich zmien v charakteristikách intenzít krátkodobých zrážok vo vybraných klimatologických staniách na Slovensku. Analýza bola vykonaná pre obdobie teplého polroka pre historické obdobie 1960 až 2020 a pre budúce obdobie 2031 až 2100, a pre intenzitné trvania 60, 120, 180, 240 a 1440 minút. Výsledky poskytujú podrobný prehľad

v charakteristikách krátkodobých zrážok od trendov v časových radoch cez sezónnosť výskytu extrémnych javov v krátkodobých zrážkach až po zmeny v škálovacích exponentoch. Výsledkom analýzy sú taktiež návrhové zrážky založené na dátach z regionálneho klimatického scenára CLM (Community Land Model). Výsledky poukazujú na nevýrazný ale stúpajúci trend v intenzitách krátkodobých dažďov najmä kratšieho trvania. Pri analýze sezónnosti bola taktiež detegovaná zmena výskytu extrémnych úhrnov dažďov avšak pri sezónnosti je možné pozorovať regionálne odlišnosti v posunoch na skoršie či neskoršie obdobia v roku. Pri návrhových hodnotách sa podobne ako v trendoch prejavuje zvýšenie úhrnov do budúceho obdobia. Tieto výsledky poskytujú prehľad budúcich zmien v intenzitách krátkodobých úhrnov dažďov, ktoré je možné účelne aplikovať pri manažmente povodňových rizík a navrhovaní vodohospodárskych stavieb.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+ 313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Projekt bol podporený aj Agentúrou pre podporu vedy a vzdelávania v rámci projektu APVV-19-0340 a grantu VEGA No. 1/0632/19.

Zdroje

- Burn DH (1997). Catchments similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures. *J. Hydrol.*
- Böhm U, Kücken M, Ahrens W, Block A, Hauffe D, Keuler K, Rockel B, Will A (2006). CLM – the climate version of LM: brief description and long-term applications. *COSMO Newsl.* Vol. 6, p. 225–235.
- IPCC (2013). (Intergovernmental Panel on Climate Change) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. ISBN 9781107661820.
- Kendall MG (1955). Rank Correlation Methods. London : Griffin.
- Koutsoyiannis D, Efstratiadis A, Mamassis N a Christofides A (2008). On the credibility of climate predictions. *Hydrological Sciences Journal.* roč. 53, č. 4, s. 671–684. ISSN 02626667. doi:10.1623/hysj.53.4.671.
- Lapin M, Damborská L, Gaál L a Melo M (2003). Possible precipitation regime change in Slovakia due to air pressure and circulation changes in the Euro-Atlantic area until 2100. *Contributions to Geophysics and Geodesy.* 33, 3, s. 161–189.
- SHMÚ (2018). Klimatická zmena a jej vplyv na zdravie a majetok na Slovensku – Aktuality SHMÚ. Slovenský hydrometeorologický ústav.
- Tebaldi C, Hayhoe K, Arblaster JM a Meehl GA (2006). Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Springer Netherlands.* doi:10.1007/s10584-006-9051-4.
- Trenberth KE, Dai A, Rasmussen RM a Parsons DB (2003). The Changing Character of Precipitation. *Bulletin of the American Meteorological Society.* roč. 84, č. 9, s. 1205–1218. ISSN 0003-0007. doi:10.1175/BAMS-84-9-1205
- UCAR (2019). (University Corporation for Atmospheric Research) CLM Home. <http://www.cgd.ucar.edu/tss/clm/>

Varovný systém lokálních povodní založený na měření infiltrace srážek

Zbyněk KULHAVÝ¹, Jana KALIBOVÁ², Pavel KREJZEK³

¹ VÚMOP, v.v.i., B. Němcové 231, Pardubice, Česká republika, email: kulhavy.zbynek@vumop.cz, ² ČZU v Praze, Kamýcká 129, Praha-Suchdol, Česká republika, email: kalibova@fzp.czu.cz, ³ ADCIS, s.r.o., Bohdanečská 280, Pardubice, Česká republika, email: krejzek@adcis.cz

Úvod

Mezi klíčové faktory, které podmiňují vznik povrchového odtoku ze srážek, a následného rozvinutí přívalové lokální povodně, patří infiltrační schopnost půdy. Tuto schopnost ovlivňují přírodní podmínky stanoviště, způsob využití pozemků, ale ve značné míře také aktuální nasycenost/zaplňenost půdy vodou (úroveň HPV a vlhkost). Typicky nejrychleji probíhá infiltrace na suché půdě a se zvyšující se vlhkostí rychlost infiltrace výrazně klesá.

Tento příspěvek představuje nový varovný systém (VPS), který je schopen vyhodnotit riziko vzniku přívalové povodně v předstihu několika hodin, využívá přitom výsledky přímého měření v konkrétních podmínkách stanoviště. Poskytuje tak chráněné oblasti dostatek času pro organizování adekvátních opatření. Tím se odlišuje od varovných systémů založených na měření průtoku ve vodním toku nebo od systémů globálních, které nemohou dostatečně respektovat heterogenitu půdních vlastností.

Varovný systém je tvořen dispečinkem a jednotlivě instalovanými měřicími terminály. Dispečink řídí provoz terminálních stanic automaticky, vzdálenou komunikací. Pro stanovení termínu a parametrů infiltračního/zadešťovacího testu používá sofistikované postupy, využívající data o nedávné i aktuální meteorologické situaci. Zadešťování probíhá konstantní nebo proměnlivou intenzitou, korespondující s predikovanou srážkou. Z výsledků provedeného infiltračního testu je získán kritický čas dosažení výtopy a parametry křivky rychlosti infiltrace. Během celého procesu stanovení rizika povodně jsou realizovány kontrolní testy, minimalizující případná falešná varování.

Metodika

Vyhodnocení rizika vzniku povrchového odtoku a následně rozvoje lokální povodně je založeno na srovnání délky trvání predikované přívalové srážky (poskytnuto ČHMÚ) a doby výtopy, způsobené simulovanou srážkou o intenzitě odvozené z predikované srážky (doba výtopy je přitom stanovena reálným infiltračním pokusem). Z praktických důvodů je zvolena jednotná (zkrácená) doba zadešťování 15 minut a doba trvání celého infiltračního pokusu 1 nebo 2 hodiny (slouží k získání parametrů S, K, viz dále). Ke stanovení parametrů testovacího deště (v trvání 15 min.) na základě aktuálních radarových dat doplněných o predikci úhrnů srážek (pro 1 hod.) je použit model DES_RAIN (Vaššová, Kovář, 2013) s daty nejbližších srážkoměrných stanic.

Po zahájení umělého zadešťování dochází v první fázi měření k nepřerušované infiltraci s řízenou intenzitou přívodu vody k infiltraci do půdy tak dlouho, dokud nedojde k prvnímu dosažení nastavené úrovně hladiny vody ve vymezené válcové infiltrační jednotce. Naměřený čas trvání zadešťování dané intenzity a úhrnu (vyjádřeného v jednotkách sloupce vody) vyjadřuje parametry kritického deště, který by způsobil povrchový odtok – neboli je překročena infiltrační schopnost půdního profilu v konkrétních přírodních podmínkách (patent CZ 307 090, 2017). Zjednodušeně je tedy možno porovnávat pouze tyto dva časy (tj. dobu dosažení výtopy s dobou trvání deště predikovaných parametrů).

Klíčovým faktorem, určujícím infiltrační schopnost půdy v jejím počátku, je sorptivita. Testování probíhalo přímo v terénu (přírozený půdní profil) i v laboratoři (konsolidovaná půda a kaolinit). Teoretická základna výzkumu vychází z nestacionární vertikální infiltrace, jejíž proces (v podmínkách jednorozměrného proudění) lze popsat Richardsovou rovnicí. Hydraulická vodivost K byla aproximována z analýzy časových řad procesu vertikální kumulativní infiltrace, která následovala po dosažení doby výtopy. Sorptivita S byla vypočtena numerickým postupem dle Philipovy teorie (Philip, 1957) z naměřené čáry rychlosti infiltrace. Ve srovnání s tradičními metodami (infiltrometr jedno- nebo dvou-válcový) jsou hydrofyzikální charakteristiky půdy (K, S) stanovené touto metodou spolehlivější, informativní a ověřené dobou výtopy (Pelíšek a kol., 2020).

Úprava zařízení (užitný vzor č. 33 692, 2020) zvyšuje spolehlivost přístroje v automatizovaném, zejména dálkově řízeném, režimu užívání v terénních podmínkách. Umožňuje v případě potřeby provádět doplňující testy a dále rozšiřuje měření o odezvu půdy na aktuálně probíhající srážku (Kalibová a kol., 2021).

Výsledky

Funkce VPS jako celku byla testována během roku 2020. Zaměřili jsme se na bouřky s přívalovým deštěm ve východní části republiky a systém testovali na obcích Uničov a Šumvald, které byly zasaženy 7. 6. 2020 okolo 18. hodiny a na obci Heřmanův Městec dne 14. 6. 2020 okolo 17. hodiny. Ve všech případech byla situace systémem zachycena a byla vyhodnocena tak, že byl vydán povel k otestování infiltrační schopnosti půdy. Například pro lokality Uničov a Šumvald byl tento povel vydán již 4. 6. 2020, tj. 84 hodin před epizodou – ale systémem byla tato událost vyhodnocena tak, že srážka bude v celém objemu infiltrována a k povodni nedojde. Dne 6. 6. 2020 byla vydána další výstraha, která již byla vyhodnocena jako kritická a bylo rozesláno varování 24 hodin před povodňovou epizodou.

Výsledky naměřené pomocí reálných simulací byly porovnány s hodnotami stanovenými ověřenými numerickými metodami. Korelační koeficient prověřovaných závislostí se pohyboval v rozmezí 0,8 – 0,9. Tento fakt svědčí o vhodnosti použitých postupů a dokládá, že nově vyvinutý varovný protipovodňový systém je spolehlivým nástrojem, díky kterému je možné reagovat na hrozící riziko přívalové povodně v předstihu několika hodin.

Závěr

Zde představený varovný systém lokálních povodní (VPS), založený na přímém měření infiltrace srážek, je jednoduchý, ale účinný nástroj s relativně nízkými pořizovacími náklady, nízkou náročností na provoz a údržbu, který je vhodný pro ochranu obcí a průmyslových objektů, nacházejících se v rizikových částech malých povodí, kde nelze úspěšně aplikovat jiné typy varovných systémů.

Klíčová slova: přívalové povodně, rychlost infiltrace, simulace deště, doba výtopy, automatizace měření

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpory MZE-RO0218 jako výsledek výzkumného projektu Technologické agentury ČR v programu Epsilon, evid. č. TH02010802, řešeného v letech 2017–2020.

Zdroje

Kalibová J., Štibinger J., Krejzek P., Petrů J. (2021). Varovný systém lokálních přívalových povodní, In: *Vodní hospodářství*, číslo 2 (v tisku).

Patent CZ 307 090 Simulátor deště pro měřicí systémy (VÚMOP, v.v.i., Kulhavý Z., Čmelík M.).

Pelíšek I., Štibinger J., Kulhavý Z., Melorio L. (2020). Ponding time, hydraulic conductivity and sorptivity – experimental determination by a single ring infiltrometer with rain simulator. *EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-21431, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-21431>.

Philip J.R. (1957). The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution. *Soil Sci.*, **83**(5), s. 345–357.

Užitný vzor č. 33 692 Simulátor deště s automatickou kalibrací (VÚMOP, v.v.i., ADCIS s.r.o., Kulhavý Z., Krejzek P.).

Vaššová D., Kovář P. (2013). DES_RAIN. FŽP ČZU v Praze, dostupné z: <http://fzp.czu.cz/vyzkum/software.html>.

Modelovanie vplyvu zmeny využívania územia na intenzitu erózne-odtokových procesov pomocou fyzikálnych a empirických modelov

Zuzana NÉMETOVÁ, Silvia KOHNOVÁ

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, email:
zuzana.nemetova@stuba.sk, silvia.kohnova@stuba.sk

Úvod

Predkladaný príspevok je zameraný na matematické modelovanie zmien využitia územia pomocou fyzikálnych a empirických modelov s hodnotením dopadu zmien na intenzitu erózne-transportných procesov v záujmových lokalitách. Použitými matematickými modelmi bol fyzikálne-založený EROSION-2D a EROSION-3D model a empirické modely USLE-SDR a USPED. V rámci štúdie bola vykonaná parametrizácia a validácia vybraných modelov pre výskumné územia lokalizované v dvoch krajinách; Slovenská republika a Poľsko. Na zvolených lokalitách boli pre hodnotenie intenzity erózne-transportných procesov v predošlých rokoch aplikované viaceré empirické modely. Ich výhodou bolo nielen jednoduché použitie, ale najmä dostupnosť vstupných údajov a ich implementácia pre jednotlivé územia. Ideou tohto príspevku je preto aplikácia fyzikálne-založených modelov EROSION-2D a EROSION-3D s cieľom nahradiť predošlé empirické modelovanie týmito fyzikálne-založenými modelmi, a tak posunúť stupeň hodnotenia intenzity erózných procesov. Vzhľadom na zložitosť aplikácie fyzikálne-založených modelov, prvým krokom bolo vypracovanie metodických postupov pre korektné využitie EROSION-2D/3D modelu pre jednotlivé územia. Nakoľko každá lokalita vykazuje špecifické atribúty v zmysle rozdielnych pôdnych vstupov, klimatických podmienok, či zvoleného manažmentu obhospodarovania pôdy, bolo nutné každej lokalite venovať špecifickú pozornosť a pre ňu vyvinúť jedinečný metodický postup.

Metodické postupy

V prípade aplikácie fyzikálne-založeného EROSION-2D/3D modelu išlo o vytvorenie schém popisujúcich jednotlivé modelové procesy v princípe ich teoretického opisu, ako aj prostredníctvom súborov rovníc opisujúcich vzťahy prebiehajúce v modeloch. Takto vytvorené schémy predstavujú doplnkové nástroje pochopenia modelových vzťahov vrátane správnej interpretácie modelovaných výsledkov konečnými užívateľmi. Ďalej bol vytvorený Katalóg pôdnych parametrov EROSION-3D/2D modelu v spolupráci s Technickou Univerzitou vo Freibergu s cieľom aplikácie modelov pre podmienky Slovenska. Metodické postupy tiež zahŕňajú terénne merania, a laboratórne analýzy pôdnych vzoriek s cieľom stanovenia vstupných parametrov pre fyzikálne modely. Na validáciu výsledkov boli uskutočnené batymetrické zamerania poldrov a vyhodnotenie ich zanášania sedimentmi za zvolené obdobia.

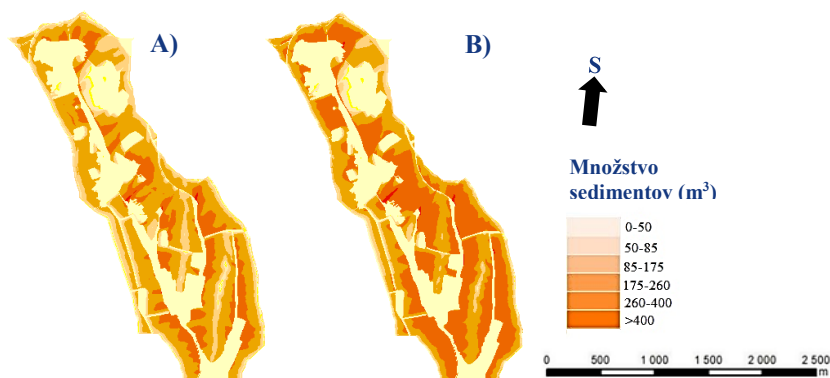
Výsledky

V tejto podkapitole prinášame stručný popis výsledkov analýz pre obe výskumné lokality na územiach Slovenskej republiky a Poľska.

Výskumná lokalita Svacenickej Jarok, Slovenská republika

V prípade lokality Svacenickej Jarok bola vykonaná aplikácia, testovanie a validácia EROSION-3D modelu. Keďže ide o rozsiahly a komplikovaný proces, predchádzalo mu niekoľko čiastkových krokov, ktorých naplnenie trvalo niekoľko rokov. Ako prvé boli uskutočnené terénne merania s cieľom odobratia pôdnych vzoriek a komunikácie s miestnymi predstaviteľmi poľnohospodárskej výroby zastrešujúcimi pozemky identifikované v rámci povodia. Ďalšou časťou bol proces parametrizácie EROSION-2D modelu v laboratórnych podmienkach na základe simulovania rozličných podmienok s využitím simulátora dažďa. Výhodou takto vykonaného laboratórneho experimentu bola schopnosť udržať konštantné podmienky v zmysle eliminácie vplyvov vyvolaných vonkajšími podmienkami (poveternostné podmienky zväčšujúce chybovosť merania). Cieľom parametrizácie modelu bolo určenie množstva povrchového odtoku a množstva sedimentov s následným definovaním pôdnych vstupných parametrov pôdy pre fyzikálne-založený model EROSION-2D. Tento čiastkový krok slúžil na testovanie EROSION-2D modelu, determinácie vstupných parametrov a na overenie výstupných parametrov modelu. Taktiež bola vykonaná validácia EROSION-3D modelu na základe kontinuálneho radu

atmosférických zrážok a na základe údajov ročného batymetrického merania sedimentov v poldri Svacenickej Jarok (Obr. 1).



Obr. 1 Výstup z modelovania množstva sedimentov EROSION 3D pre dve hodnotené obdobia: A) 2015–2016 a B) 2016–2017 Svacenickej jarok

Výskumná lokalita Zagożdżonka, Poľsko

V lokalite Zagożdżonka bola vykonaná aplikácia a validácia fyzikálne-založeného EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR, pričom tiež modelové výsledky boli konfrontované s reálne nameranými sedimentami vo vodnej nádrži Staw Górny. Podobne ako aj v predchádzajúcej lokalite, pre stanovenie množstva sedimentov v povodí Zagożdżonka boli v minulosti využívané predovšetkým empirické metódy a absentovalo využitie fyzikálne-založených metód. Preto sa pristúpilo k aplikácii EROSION-3D modelu s využitím dlhodobých simulácií na základe kontinuálnych radov zrážok a to pre dve obdobia, marec-december 2013 a január-október 2014. Jednotlivé hodnotené obdobia sa od seba odlišujú celkovým počtom zrážok a ich intenzitou. V závere boli jednotlivé modely porovnané medzi sebou s definovaním ich výhod a nevýhod spoločne so zhodnotením úspešnosti v zmysle ich validácie.

Záver

Zameranie tejto štúdie spočíva v aplikácii, parametrizácii a validácii fyzikálne-založených modelov EROSION-3D/2D s cieľom nahradiť predošlé použitie empirických modelov k hodnoteniu eróznno-transportných procesov. Prínos príspevku možno vidieť aj vo vytvorení Katalógu pôdnych parametrov, ako aj v odvodení modelových schém pre jednoduchú orientáciu (teoretickú a praktickú) v rámci procesov a vzťahov prebiehajúcich v modeloch. Cieľom takto vytvorených schém je poskytnutie jednoduchého náhľadu do modelu v teoretickom aj matematickom definovaní. Parametrizácia modelu EROSION-2D poukázala na dôležitosť parametrizácie modelov ako nevyhnutnej súčasťi validácie modelov s využitím zrážkových simulátorov, ktoré sú nápomocné pri kalibračných a validačných procesoch všetkých typov matematických modelov vrátane empirických, koncepčných a fyzikálne založených modelov. Keďže za všeobecný problém aplikácie eróznnych modelov je považovaná ich kalibrácia, validácia a interpretácia konečných výsledkov, praktickým prínosom príspevku je tak validácia EROSION-3D/2D modelu v rozdielnych výskumných územiach v rámci Slovenskej republiky a Poľska. Modely boli taktiež využité k hodnoteniu vplyvu zmien využitia územia na intenzitu eróznnych procesov prostredníctvom rôznych scenárov pestovaných poľnohospodárskych plodín. Aj v tomto prípade sa EROSION-3D model prejavil ako vhodný nástroj pri modelovaní eróznnych procesov pri rôznych scenároch obhospodarovania a manažmentu pôdy, pri identifikovaní lokalít náchylných k eróznym a transportným procesom, ako aj pri posudzovaní vhodnosti navrhnutých technických protieróznnych opatrení na vybraných lokalitách.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Agentúry pre podporu vedy a vzdelávania v rámci projektu APVV-19-0340, APVV-18-0347, a grantu VEGA No. 1/0632/19

Vplyv rozdielnej priestorovej reprezentácie krajinného pokryvu a kvartérnej geológie na výsledky prepojeného modelu MIKE SHE/MIKE11

Stanislav RUMAN¹, Tom BALL², Andrew R.BLACK³, Julian R. THOMPSON⁴

¹ Katedra fyzické geografie a geoekológie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, Chittussiho 10, Ostrava, Česká republika, email: stanislav.ruman@osu.cz, ²Department of Archaeology, Anthropology and Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Winchester, Winchester, UK, email: tom.ball@winchester.ac.uk, ³Geography, School of Social Sciences, University of Dundee, Dundee, Scotland, UK, email: a.z.black@dundee.ac.uk, ⁴Wetland Research Unit, UCL Department of Geography, University College London, London, UK, j.r.thompson@ucl.ac.uk

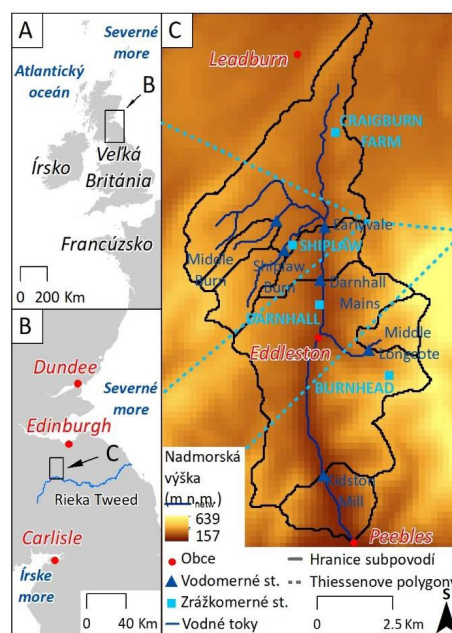
Úvod

Distribované, fyzikálne založené modely sú charakteristické veľkými nárokmi na kvalitu a kvantitu priestorových dát. V mnohých prípadoch bola dokumentovaná ich problematická kalibrácia, dlhý výpočtový čas, nedostatočné techniky merania a problém tzv. efektívnych parametrov (Blöschl et al., 2019; Fatichi et al., 2016). Predkladaný príspevok je zameraný na určenie dopadov vybraných vstupných dát na výsledky prepojeného modelu MIKE SHE/MIKE 11. Ciele práce boli definované nasledovne: (i) stanoviť vplyv rozdielnej priestorovej reprezentácie krajinného pokryvu, (ii) určiť vplyv rozdielnej priestorovej reprezentácie kvartérnej geológie a (iii) definovať kombinovaný vplyv rozdielnej priestorovej reprezentácie krajinného pokryvu a kvartérnej geológie. Pre stanovenie rozdielov bolo zvolené experimentálne povodie Eddleston Water v Škótsku (Obr.1).

Metodika

Štruktúra modelov, kalibrácia a validácia referenčného modelu

Referenčný model, s ktorým bol v nasledujúcich krokoch porovnávaný druhý, tretí i štvrtý variant (Tabuľka 1), bol jediný manuálne kalibrovaný a validovaný na obdobie 10. 3. 2011 – 30. 8. 2013. Použitie dlhšieho obdobia nebolo možné z dôvodu zásahov na ploche povodia i hlavnom toku a príľahlej nive. Model bol vytvorený z gridov o veľkosti 50x50 m (27 142) a simuloval v hodinovom časovom kroku. Zrážky boli získané zo štyroch zrážkomerných staníc, a evapotranspirácia bola vypočítaná metódou FAO Penman-Monteith. V hydraulickom modeli MIKE 11 bolo schematizovaných šesť vodných tokov. Zo všetkých spustení modelu bolo vybraných dvadsať najlepších simulácií pre zhodnotenie neistoty v modele. Ako objektívne kritérium výberu týchto dvadsiatich simulácií bol zvolený priemer hodnôt NSE (objektívna funkcia) zo všetkých vodomerných staníc. Výkonnosť modelu bola v každej stanici navyše hodnotená s použitím mier výkonnosti: PBIAS a E_{max} . Pri zvyšných troch variantoch modelu (Krajinný pokryv, Kvartérna geológia a Kombinácia) bola do veľkej miery použitá štruktúra popísaná vyššie. Rozdiely oproti Referenčnému modelu spočívali v priestorovom rozložení jednotlivých kategórií krajinného pokryvu a kvartérnej geológie, ako i v počte kategórií (Tabuľka 1).



Obr.1 Experimentálne povodie Eddleston Water. A: Poloha v rámci západnej Európy, B: Poloha v rámci juhovýchodného Škótska, C: Povodie Eddleston Water. Celková plocha povodia: 69 km²; Middle Burn 2,1 km², Shiplaw Burn 3,6 km²; Middle Longcote 3,7 km²; Earlyvale 26,1 km²; Darnhall Mains 30,3 km²; Kidston Mill 62,7 km²; Zdroj podkladových dát: EDINA, Digimap Ordnance Survey Service; Autor: Ruman, 2020

Hodnotenie rozdielov vo výstupoch modelu

Hodnotenie rozdielov štyroch variantov spojených modelov MIKE SHE/MIKE 11 vychádzalo z porovnania mier výkonnosti (i) a vybraných charakteristík vodnej bilancie (ii) pre hydrologický rok 2011/2012.

Výsledky**Kalibrácia validácia referenčného modelu**

V kalibračnej perióde boli zaznamenané lepšie hodnoty objektívnej funkcie (0,50–0,69) v porovnaní s periódou validačnou (0,50–0,60). Miere výkonnosti založené na dynamike

prietokov (NSE a E_{max}) a vodnej bilancie dosahovali taktiež lepšie výsledky v kalibračnej perióde. Simulované maximálne prietoky sa vyskytovali približne o 1,5 hodiny skôr ako pozorované kulminácie. Model bol schopný verne reprodukovat' povodňové hydrogramy, no vyznačoval sa podhodnocovaním bežných a nízkych prietokov.

Hodnotenie rozdielov vo výstupoch modelu

Najvýraznejšie zmeny v porovnaní s Referenčným modelom sa vyskytovali u variantu Kombinácia vo väčšine subpovodí a pre obe úrovne porovnania. Boli zaznamenané i dve výnimky u povodí Middle Burn and Middle Longcote. Pri týchto subpovodiach boli najväčšie rozdiely spôsobené variantom krajinný pokryv v dôsledku výrazných rozdielov v krajinnom pokryve na jednej strane a malou plochou, ktorú pokrývala kvartérna geológia na strane druhej. Vo zvyšných subpovodiach generoval variant Kvartérna geológia väčšie rozdiely vo výstupoch modelu v porovnaní s Krajinným pokryvom. Tieto výsledky sú špecifické pre povodie Eddleston Water a v budúcnosti by bolo vhodné závery tejto práce overiť na povodiach s rôznymi fyzikogeografickými charakteristikami. Vo väčšine subpovodí generovali modelové varianty Krajinný pokryv, Kvartérna geológia a Kombinácia lepšiu zhodu s pozorovanými prietokmi ako Referenčný model. Použitie menej presných vstupov teda znamenalo lepšie výsledky modelu. Tento záver nie je ojedinelý a nachádzame ho vo viacerých prácach (Camargos et al., 2018; Vázquez a Hampel, 2014). Môže to byť spôsobené štruktúrou modelu, použitou metódou kalibrácie alebo ďalšími neistotami, ktoré sú prítomné v procese hydrologického modelovania. I keď bola väčšina rozdielov v mierach výkonnosti označená ako významná, pri praktickom hydrologickom modelovaní sú tieto rozdiely nízke. Výnimkou boli rozdiely pri vysokých kulmináčnych prietokoch, podobne ako v práci Kalantari et al. (2014). V tejto štúdií bol najväčší priemerný rozdiel v PBIAS za hydrologický rok 2011/2012 medzi Referenčným modelom a Krajinným pokryvom rovný hodnote 7,6 %. Táto hodnota je v súlade s výsledkami prác, ktoré skúmali vplyv krajinného pokryvu na simulované prietoky (Ahiablame et al., 2017; Paule – Mercado et al., 2017).

Záver

V prípade povodia Eddleston Water spôsobilo rozdielne priestorové rozloženie kvartérnej geológie v spojenom modeli väčšie rozdiely ako rozdielne rozloženie krajinného pokryvu. Najväčšie zmeny boli spôsobené kombináciou týchto charakteristík. Výnimky boli zaznamenané pri subpovodiach s nízkym podielom plôch kvartérnej geológie a veľkými zmenami v krajinnom pokryve. Použitie menej presných vstupov znamenalo vo väčšine prípadov lepšie zhodu simulovaných prietokov s prietokmi pozorovanými.

Zdroje

Ahiablame L, et al., (2017). Streamflow response to potential land use and climate changes in the James River watershed, Upper Midwest United States. In: *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Vol. 14, s. 150–166. (článok odborného časopisu).

Blöschl G, et al. (2019). Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective, *Hydrological Sciences Journal*, 64:10, s. 1141–1158, (článok odborného časopisu).

Camargos C, Julich S, Houska T, Bach M, Breuer L, (2018). Effects of Input Data Content on the Uncertainty of Simulating Water Resources, In: *Water*, 10(5), 621 (článok odborného časopisu).

Kalantari Z, et al., (2014). Quantifying the hydrological impact of simulated changes in land use on peak discharge in a small catchment. In: *Science of the Total Environment*, 466–467, s. 741–754 (článok odborného časopisu).

Paule-Mercado MA, et al., (2017). Influence of land development on stormwater runoff from a mixed land use and land cover catchment. In: *Science of the Total Environment*, 599–600, s. 2142–2155. (článok odborného časopisu).

Vázquez RF a Hampel H, (2014). Prediction limits of a catchment hydrological model using different estimates of ET. In: *Journal of Hydrology*, Vol. 513, s. 216–228 (článok odborného časopisu).

Fatichi S, et al., (2016). An overview of current applications, challenges, and future trends in distributed process-based models in hydrology, In: *Journal of Hydrology*, Vol. 537, s. 45–60 (článok odborného časopisu).

Tab.1 Charakteristiky štyroch modelových variantov

Verzia modelu	Typ vstupných dát s počtom originálnych a spojených kategórií
Referenčný model	Mapa kvartérnej geológie 1:25 000 (8 - 4), Mapa mapovania biotopov (39 - 8)
Krajinný pokryv	Mapa kvartérnej geológie 1:25 000 (8 - 4), Corine Land Cover (13 - 7)
Kvartérna geológia	Mapa kvartérnej geológie 1:50 000 (4 - 2), Mapa mapovania biotopov (39 - 8)
Kombinácia	Mapa kvartérnej geológie 1:50,000 (4 - 2), Corine Land Cover (13 - 7)

Modelování hydrologické odezvy zelených střech – aktuální výzvy

Vojtěch SKALA, Michal DOHNAL

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Česká republika, e-mail: vojtech.skala@fsv.cvut.cz

Úvod

Změny klimatu vedou vodo hospodářské odborníky ke studiu hydrologických procesů nejen v přirozených, ale také v městských povodích, kde je hydrologický cyklus výrazně intenzifikován. Jedním z možných vhodných opatření k redukci odtékajícího množství srážkové vody, efektu tepelného ostrova a dalších nepříznivých efektů je budování zelených střech. Stejně jako na ostatní prvky zelené infrastruktury, působí na zelené střechy rozdílné vlivy než na povodí přirozená. Tato skutečnost přináší množství výzev, které je nezbytné pro správnou předpověď jejich hydrologické odezvy vyřešit. Nepřetržitý hydrometeorologický monitoring společně s numerickým modelováním hydrologického režimu zelených střech může přispět k řešení těchto výzev. Největší nejistoty jsou asociované s měřením hydrometeorologických veličin a zjednodušujícími předpoklady numerických modelů, nebo absencí některých terénních měření. Prvky zelené infrastruktury často tvoří souvrství s nejasnou hydrologickou odpovědí. Nejčastěji se jedná o kombinaci drenážní vrstvy, geotextílie a použitého substrátu, antropogenního původu, se značně rozdílnými vlastnostmi, než je běžné u přirozených půd. Výzvou pro hydrologické modely může být také modelování umělých závlah na zelených střechách, korektní uvážení extrémních podmínek, které na těchto střechách panují, nebo zahrnutí vegetace s rozdílným mechanismem fixace uhlíku při fotosyntéze, než je běžné. Kalibrované numerické modely, schopné vypořádat se s těmito problémy, mohou být vhodným nástrojem pro návrh skladby zelených střech, způsobu a režimu závlahy či odhad odtoku zatěžujícího kanalizační sítě.



Obr. 1 Segmenty zelených střech na střeše budovy Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze. V pozadí meteorologická stanice (fotografie pořízena 15. července 2019).

Metodika

Zmiňované výzvy jsou studovány pomocí dat z dlouhodobého monitoringu, jejich analýzy a numerického modelování hydrologického režimu segmentů zelených střech, umístěných na střeše budovy Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze (Sněhota et al., 2020). Segmenty (plocha 1 m²) obsahují 60 mm substrátu pro extenzivní zelené střechy a jsou osázeny rozchodníkovými řízků, respektive pokryty rozchodníkovým kobercem se 40 mm substrátu. Použitý substrát je směsí 55 % spongilitu, 30 % drceného expandovaného jílu a 15 % rašeliny. Odtok je registrován překlopným průtokoměrem, vlhkost substrátu je měřena TDR čidly (CS635-L, výrobce Campbell Sci., Inc, USA). Jeden ze segmentů je navíc kontinuálně vážen. K dispozici jsou také kompletní měření z blízké meteorologické stanice (Obr. 1). Hydrologická reakce zkoumaných segmentů je průběžně vyhodnocována a simulována modelem SID (Vogel et al., 2010), numericky

řešícím dvojicí Richardsových rovnic. Model zahrnuje dvě vzájemně komunikující domény proudění s rozdílnými hydraulickými vlastnostmi umožňující adekvátní reprezentaci substrátu zelené střechy. Hydraulické vlastnosti substrátu jsou parametrizovány modelem van Genuchtena-Mualem (van Genuchten, 1980). Vstupní data do modelu jsou stanovena jednoduchým intercepčním modelem. Vybrané hydraulické parametry modelu jsou optimalizovány algoritmem Levenberga-Marquardta (Doherty et al., 1994).

Výsledky

Užitím zmiňovaného modelu bylo v minulosti prokázáno, že je možné úspěšně simulovat hydrologickou reakci segmentů zelených střech včetně drenážní nopové fólie a kořenového odběru vegetace, kterou jsou segmenty osázeny (Skala et al., 2020). Aplikace duální verze modelu prokázala, že je tímto způsobem možné zvýšit přesnost modelové předpovědi.

Závěr

Lepší porozumění hydrologickému režimu zelených střech může vést k návrhu souvrství, která budou lépe plnit požadovanou funkci. Vhodnými nástroji pro zkoumání zelených střech jsou jejich dlouhodobý monitoring doplněný o numerické modelování. Výzvami, vyžadujícími další výzkum jsou antropogenní materiály používané na zelených střechách, extrémní klimatické podmínky panující na těchto střechách, a adekvátnější implementace suchomilné vegetace do modelu.

Zdroje

Poděkování

Tato práce vznikla v souvislosti s řešením projektu GAČR 20-00788S. Dodatečná podpora byla poskytnuta z grantu Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS21/050/OHK1/1T/11. Experimentální měření byla podpořena Národním programem udržitelnosti I, Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy s číslem LO1605.

Zdroje

Doherty J, Brebber L, Whyte P (1994). Model-independent Parameter Estimation, User 's Manual, Watermark Computing, Australia.

Skala V, Dohnal M, Votrubová J, Vogel T, Dušek J, Šácha J, Jelínková V (2020). Hydrological and thermal regime of a thin green roof system evaluated by physically-based model, In: *Urban For. Urban Green*. číslo 48, doi:10.1016/j.ufug.2020.126582.

Sněhota M, Hanzlíková J, Sobotková M, Moravčík P (2020). Water and thermal regime of extensive green roof test beds planted with sedum cuttings and sedum carpets, In: *J Soils Sediments*, doi:10.1007/s11368-020-02778-x

van Genuchten MT (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. In: *Soil Sci Soc Am J*. číslo 44 (5), s. 892–898, doi:10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x.

Vogel T, Březina J, Dohnal M, Dušek J (2010). Physical and Numerical Coupling in Dual-Continuum Modeling of Preferential Flow, In: *Vadose Zone J*. číslo 9 (2), s. 260–267, doi:10.2136/vzj2009.0091.

Srovnání hydro-dynamických charakteristik povrchového odtoku generovaného přívalovými povodněmi v geologicky rozdílných oblastech Českého masivu a Západních Karpat

Vilém SPÁLOVSKÝ¹, Stanislav RUMAN², Milan TRIZNA³

^{1,2} Katedra fyzické geografie a geoekologie, Ostravská univerzita, Chittusiho 10, Ostrava 710 00, ³ Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, Univerzita Komenského v Bratislavě, Ilkovičova 6, Bratislava, email: vilem.spalovsky@osu.cz, stanislav.ruman@osu.cz, milan.trizna@uniba.sk

Úvod

Přívalové povodně jsou velice závažným hydrologickým extrémem, který se může vyskytnout prakticky na celém území ČR. Pro lepší připravenost na tento nebezpečný jev nám mohou pomoci různé metody, které předběžně identifikují významné oblasti výskytu přívalových povodní jako je např. Metoda kritických bodů (MKB). Jedná se o metodu, která byla odvozena Drbal et al. (2009) po sérii katastrofických povodních v roce 2009 v ČR a dnes je implementována do několika metodik pro předběžné vyhodnocování povodňových rizik, či do samotných povodňových plánů obcí. MKB detekuje místa vtoku přívalových vod do zastavěných oblastí na základě různých fyzicko-geografických charakteristik. Tato místa se pak označují jako tzv. Kritické body (KB).

Ve výzkumu se zaměřujeme právě na KB, a především na oblasti bezprostředně pod nimi. Zajímají nás odpovědi: jaké je výsledné hydro-dynamické chování vodních toků pod kritickými body? Zda se pod všemi KB může vyskytnout povodňové riziko a při jakých N-letých scénářích? A hlavně pak, jak se toto chování může lišit v podmínkách rozdílných geologických prostředí, tedy např. ČR, kde se v jedné části země (Český masiv) vyskytují převážně odolné krystalinické horniny a ve druhé části zase méně propustné flyšové horniny (Západní Karpaty).

Z literatury je patrné, že geologické prostředí může výrazným způsobem přispívat k formování říčních povodní (Kourgiadas and Karatzas, 2011; O'Connor et al., 2002; Spellman et al., 2019) a tvoří tak jeden ze základních faktorů, který tyto události ovlivňuje. Víme, že může ovlivnit i přívalové povodně v silně propustných horninách, tedy v krasech, kde vzniká specifický typ přívalových povodní (Zanon et al., 2010;). Co už však v literatuře příliš popsané není je to, do jaké míry může tento faktor ovlivnit chod přívalových povodní naopak v silně nepropustných horninách jako jsou flyšové horniny. V MKB není geologický faktor přímo zahrnut. Z toho to důvodu, považujeme za žádoucí nalézt odpovědi na výše zmiňované otázky, abychom případně v budoucnu mohli učinit MKB věrohodnějším a robustnějším podkladem pro předběžné vyhodnocování povodňových rizik.

Materiál a Metody

Na základě MKB aplikované na území celé ČR jsme vybrali 20 KB v povodích z oblasti Českého masivu a 20 KB v povodích z oblasti flyše a to tak, aby jednotlivé přispívající plochy měly co nejvíce podobné charakteristiky plošné velikosti, sklonu a podílu orné půdy, což nám redukuje příspěvek ostatních faktorů působících na charakter odtoku a zdůrazňuje faktor geologického prostředí.

Následně jsme v oblasti bezprostředně pod každým takto vybraným KB zkonstruovali 2D hydro-dynamický model v prostředí Iber pro délku toku 300 m. Nastavení modelů bylo pro všechny zkoumané oblasti stejné a lišilo se pouze v hodnotě vstupního průtoku (velikost buňky 1x1 m, Manningův drsnostní koeficient: 0,06).

Hodnoty vstupních průtoků jsme zadávali na základě jednotlivých N-letých scénářů (Q₁, Q₅, Q₁₀, Q₅₀ a Q₁₀₀), které jsme propočítali metodou hydrologické analogie z ostatních pozorovaných povodí v konkrétní geologické oblasti. Pro každou oblast jsme stanovili závislost mezi plochou a průtokem z pozorovaných stanic v co nejmenších povodích. Na základě regresní rovnice jsme pak byli schopni odvodit jednotlivé N-leté průtoky pro naše pozorovaná povodí.

Výstupem z modelů byly rastry hloubek a rychlostí proudění vody v jednotlivých N-letých scénářích. Tyto rastry jsme následně podrobili statistickému zkoumání s ohledem na rozdíly v charakteristikách povrchového odtoku v rámci jednotlivých geologických oblastí.

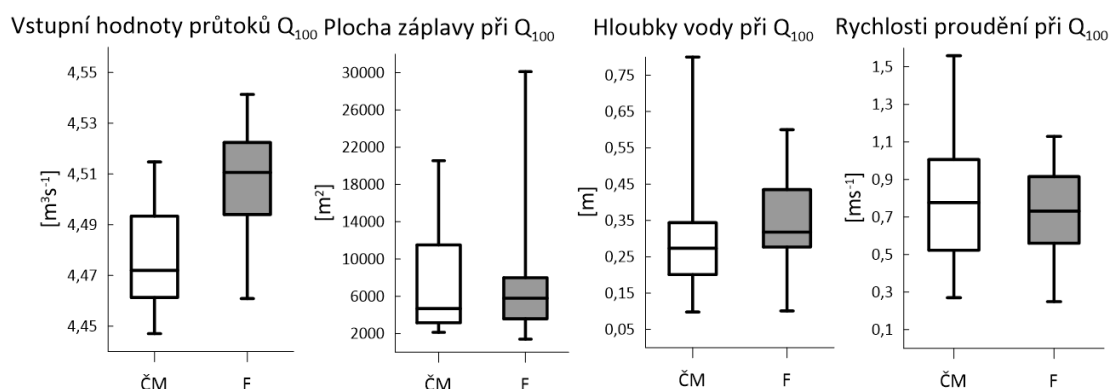
Výsledky

Ukázkou výsledků je Tab. 1 a Obr. 1, kteří prezentují výstupy jednotlivých HD charakteristik pro 100-letý scénář. Již z procentuálního rozdílu hodnot můžeme vypočítat odlišnosti v HD charakteristikách jednotlivých geologických oblastí. Kdy při takřka shodných vstupních průtocích pozorujeme ve flyšové oblasti průměrně o 7 % větší plochy 100-leté záplavy, než je tomu v ČM. Větší jsou rovněž průměrné hloubky vody (o 6,8 %) a naopak menší jsou průměrné rychlosti proudění (o 5,6 %). Podobné odlišnosti jsme identifikovali i u zbylých N-letých scénářů. Největší procentuální rozdíl průměrných ploch záplavy nastává při 10-letém scénáři a činí 9,3 %. Povodňové riziko se pak nepodařilo prokázat celkem pod 15 KB.

Tab. 1 Srovnání HD charakteristik ČM a F při Q_{100}

	Průměrná plocha záplavy [m ²]	Počet ohrožených budov	Průměrná hloubka [m]	Průměrná rychlost [ms ⁻¹]	Průměrná plocha rychlostí proudění > 1 ms ⁻¹ [m ²]	Plocha hloubky > 1 m [m ²]
ČM	6768,55	48	0,30	0,80	1387,75	190,85
F	7791,95	52	0,34	0,71	1239,5	193,05
ČM %	46,49	48,00	46,60	52,78	52,82	49,71
F %	53,51	52,00	53,40	47,22	47,18	50,29
% - %	7,03	4,00	6,81	5,56	5,64	0,57

Obr. 1 Srovnání HD charakteristik v ČM a F při Q_{100} a hodnoty vstupních průtoků



Závěr

Podářilo se prokázat odlišnosti v hydro-dynamických charakteristikách odtoku generovaného přívalovými povodněmi v rámci rozdílných geologických oblastí Českého masivu a flyšového pásma. Tyto odlišnosti nejsou nikterak velké, avšak nejsou ani zanedbatelné.

Zdroje

Drbal, K. et al. (2009). Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, Metodika mapování povodňového rizika: Dílčí zpráva. Praha: VÚV TGM, Ministerstvo životního prostředí.

Kourgialas, N.N. a G.P. Karatzas. Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrol. Sci. J.* 2011, **56** (2), s. 212–225.

O'Connor, J.E., G.E. Grant a J.E. Costa. The Geology and Geography of Floods. HOUSE, P.K., R.H. WEBB, V.R. BAKER a D.R. LEVISH. Ancient Floods, Modern Hazards: Principles and Applications of Paleoflood Hydrology, 5. American Geophysical Union, 2002, s. 359–385. ISBN 9780875903545.

Spellman, P., J. Gulley, J.B. Martin a J. Loucks. The role of antecedent groundwater heads in controlling transient aquifer storage and flood peak attenuation in karst watersheds. *Earth Surf. Process. Landforms.* 2019, Vol. **44**, s. 77–87.

Zanon, F., M. Borga, D. Zoccatelli, L. Marchi, E. Gaume, L. Bonnifait a G. Delrieu. Hydrological analysis of a flash flood across a climatic and geologic gradient: The September 18, 2007 event in Western Slovenia. *Journal of Hydrology.* 2010, Vol. **394**, s. 182–197.

Rozvoj metod odvozování základních hydrologických údajů povrchových vod

Petr ŠERCL

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, Praha 4, email: petr.sercl@chmi.cz

Úvod

Jedním ze základních úkolů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) je poskytování co nejkvalitnějších dat veřejnosti. V oblasti hydrologie povrchových vod jde především o základní hydrologické údaje, kde se jejich poskytování řídí normou ČSN 75 1400 „Hydrologické údaje povrchových vod“. Mezi základní hydrologické údaje patří:

- Plocha povodí A [km²]
- Dlouhodobá roční výška srážek na povodí P_a [mm]
- Dlouhodobý průměrný průtok Q_a [m³·s⁻¹, příp. l·s⁻¹]
- M -denní průtoky Q_{Md} [m³·s⁻¹, příp. l·s⁻¹]
- N -leté průtoky Q_N [m³·s⁻¹], kde N je 1, 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let

Základní hydrologické údaje povrchových vod jsou data sloužící mimo jiné vodoprávním orgánům jako podklad k důležitým rozhodnutím týkajících se nakládání s povrchovými vodami.

Protože jsou základní hydrologické údaje poskytovány pro libovolný profil říční sítě, je nutné pro zajištění maximální možné kvality poskytovaných dat, aby:

- měřená a vyhodnocovaná data ve vodoměrných stanicích vykazovala co nejmenší nejistotu,
- plocha povodí a další fyzicko-geografické charakteristiky byly stanoveny co nejpřesněji, zvláště u malých povodí,
- metodické postupy stanovující odvození údajů v nepozorovaných profilech využívaly nejnovějších poznatků v této oblasti.

Data ve vodoměrných stanicích

Kvalitní měřená a vyhodnocovaná data ve vodoměrných stanicích jsou základem pro odvození základních charakteristik hydrologického režimu a pro další výzkumné úkoly.

Instalace automatických měřicích přístrojů pro měření vodního stavu ve vodoměrných stanicích a rovněž využívání nové přístrojové techniky pro přímé měření průtoků v nedávné minulosti zvýšily kvalitu měřených a vyhodnocovaných dat. Tato nová měřicí technika, založená na akustickém principu (ADCP), umožňuje měřit i za vyšších vodních stavů. Díky tomu získáváme aktuální kvalitní data a zároveň verifikace měrné křivky v oblasti velkých průtoků umožňuje případně verifikovat i průtoková data vyhodnocená v minulosti. To se může zpětně promítnout i do změn hydrologických charakteristik, např. N -letých průtoků.

Odvozování fyzicko-geografických charakteristik povodí

Doba, kdy se plocha povodí, sklon povodí, průměrná nadmořská výška a další fyzicko-geografické charakteristiky určovaly ručně z papírových map, je již dávnou minulostí. V současnosti se pro rychlé získání těchto údajů využívají nástroje geografického informačního systému (GIS).

Samotné nástroje GIS však nestačí, je nutné mít k dispozici kvalitní podkladová data. K nim patří především digitální model reliéfu (DMR) a podrobné geografické vrstvy vodních toků a vodních ploch. Jako základní podklad slouží DMR 5. generace (DMR 5G), pomocí něhož byla v Zeměměřickém úřadu ČR zpřesněna i polohopisná data vodních toků.

Výše uvedená data slouží k odvození rozvodnic základních hydrologických povodí v podrobném měřítku. V současné době (únor 2021) probíhá v ČHMÚ komplexní zpracování rozvodnic na celém území České republiky. Výsledkem by měla být na konci roku 2022 nová geografická vrstva rozvodnic základních povodí v měřítku 1:1 000, z níž budou získány nové údaje o plochách povodí. Pomocí DMR 5G budou získávána i další data fyzicko-geografických povodí nutná pro odvození základních hydrologických údajů, jakými jsou sklon povodí,

průměrná nadmořská výška, sklon a délka údolnice atd. Podrobněji se odvození nové geografické vrstvy rozvodnic věnuje samostatný příspěvek v tomto sborníku.

Rozvoj metodických postupů

V ČHMÚ se v současné době hodnoty P_a , Q_a , a Q_{Md} stanovují za referenční období 1981–2010. Plocha povodí je určována z rozvodnic DMR, který byl odvozen z vrstevnic ZABAGED[®] v měřítku 1:10 000. Metodika odvození těchto údajů je podrobně popsána v (Budík a kol., 2018). Oproti datům poskytovaným za minulé referenční období (1931–1980) je v metodickém přístupu při odvozování Q_{Md} mnoho významných rozdílů, za nejdůležitější lze vnímat ten, že do výpočtů je integrováno využití evidence dat antropogenního ovlivnění (odběry, vypouštění). Metodické postupy odvozování Q_{Md} za uvažované nové referenční období 1991–2020 budou vycházet z existujících přístupů. Hlavní rozdíl bude spočívat v prokládání empirické čáry překročení všemi pozorovanými daty v referenčním období ve vodoměrných stanicích a zpřesnění regresních vztahů mezi parametry teoretického rozdělení a fyzicko-geografickými charakteristikami povodí.

Současný rozvoj metod odvozování Q_N započal v roce 2016, kdy bylo provedeno zhodnocení stávajících metod stanovování stoletého specifického odtoku q_{100} na nepozorovaných povodích. Došlo ke zpřesnění metody tzv. indexu extremity, která je odvozena z hodnot q_{100} ve vodoměrných stanicích a zohledňuje všechny relevantní fyzicko-geografické charakteristiky. Výsledkem řešení je certifikovaná metodika (Boháč a kol., 2016).

Od roku 2018 byl rozvoj metodických postupů zaměřen na zpracování nového software na stanovení hodnot Q_N ve vodoměrných stanicích. V SW jsou využity moderní statistické knihovny dostupné v programech Python a R, což umožňuje lépe pracovat s různými teoretickými rozděleními, s odlehlými body či historickými povodňovými případy. Do SW je rovněž integrováno odvození konfidenčních intervalů. Společně se SW byla zpracována i certifikovaná metodika (Svoboda a kol., 2020).

V dalším kroku se předpokládá rozvoj metod pro odvozování Q_N v nepozorovaných profilech. Bude nutné mimo jiné posoudit, jak ve výpočtech zohlednit antropogenní ovlivnění, zejména činnost nádrží. Dále se předpokládá zpřesnění metodických postupů při odvozování hodnot $Q_N < Q_{100}$ v nepozorovaných profilech.

Závěr

Příspěvek shrnuje činnosti týkající se rozvoje metodických postupů pro odvozování základních hydrologických údajů povrchových vod.

Poděkování

Posouzení metod na odvozování q_{100} v nepozorovaných profilech bylo řešeno v rámci projektu TB050MZP018 „Odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích“.

Rozvoj metodických postupů pro odvozování základních hydrologických údajů je v ČHMÚ od roku 2018 podpořen z Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace (DKRVO), kterou poskytuje Ministerstvo životního prostředí ČR (MŽP).

Zdroje

Boháč M a kol. (2016). Metodika odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích. Projekt Technologické agentury České republiky (TAČR) TB050MZP018 „Odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích“, 31 s. (certifikovaná metodika).

Budík L, Šercl P, Kukla P, Lett P, Pecha M (2018). Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010., In: *Sborník prací ČHMÚ*, sv. 65, 59 s. (kniha).

Svoboda V, Boháč M, Šercl P, Ledvinka O (2020). Metodika odvozování N-letých průtoků ve vodoměrných stanicích. Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace Český hydrometeorologický ústav (DKRVO), 38 s. (certifikovaná metodika).

HORA – celonárodné mapovanie povodňových rizík v Rakúsku

Peter VALENT^{1,5}, Günter BLÖSCHL¹, Juraj PÁRAJKA¹, Jürgen KOMMA¹, Andreas BUTTINGER-KREUZHUBER², Zsolt HORVÁTH², Jürgen WASER², Michael WIMMER³, Markus HOLLAUS³, Andreas REITHOFFER⁴, Julia EISL⁴, Michael HOFER⁴

¹ Ústav hydrauliky a inžinierskej hydrológie, TU Viedeň, Rakúsko, ² VRVis, Viedeň, Rakúsko, ³ Katedra geodézie a geoinformatiky, TU Viedeň, Rakúsko, ⁴ IB Humer GmbH, Gmunden, Rakúsko, ⁵ Katedra vodného hospodárstva krajiny, STU Bratislava, Slovensko, email: valent@hydro.tuwien.ac.at

Úvod

Začiatkom milénia postihli Rakúsko ničivé povodne, ktoré spôsobili obrovské škody na majetku obyvateľstva v odhadovanej hodnote vyše troch miliárd eur. Najmä ničivé povodne z roku 2002 viedli k vzniku mnohých aktivít a projektov s cieľom zmapovať a znížiť povodňové riziko v krajine. Jedným z takýchto projektov je aj projekt HORA, ktorého cieľom bolo podrobne zmapovať povodňové riziká pre viac ako 26000 km tokov v rámci celého Rakúska. Projekt je príkladom spojenia štátneho a súkromného sektora, pričom jeho výsledky sú verejne dostupné a slúžia aj ako podklady pre stanovenie cien poistenia nehnuteľností v blízkosti vodných tokov. V súčasnej dobe sa finalizuje už tretia aktualizácia projektu, v rámci ktorej boli: a) aktualizovaná metodika stanovenia návrhových povodňových vln, b) využité najnovšie mapovanie terénu pomocou laserového skenovania a c) využité nové postupy tvorby a vizualizácií povodňových máp.

Metodika

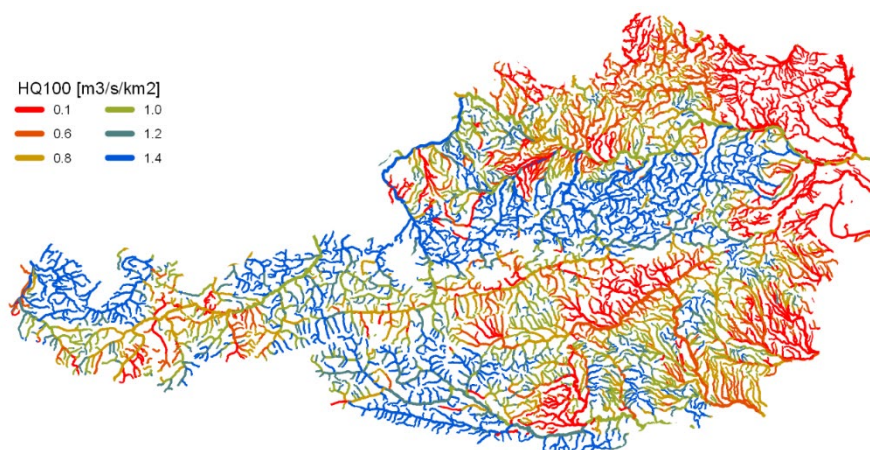
Na riešení projektu HORA, ktorý je financovaný rakúskou vládou a súkromnou asociáciou poisťovní (VVO), spolupracuje Technická univerzita vo Viedni (TUW) s dvoma súkromnými partnermi z oblasti hydrológie (IBH) a hydraulického modelovania a vizualizácie (VRVis). Projekt možno rozdeliť do troch samostatných častí:

- 1) spracovanie geodetických meraní a tvorba digitálneho modelu terénu pre hydraulické modelovanie,
- 2) zostrojenie 30, 100 a 300-ročných návrhových povodňových vln vo vybraných profiloch tokov,
- 3) hydrodynamické modelovanie, tvorba povodňových máp a vizualizácia vybraných úsekov.

Hydrológia

V rámci hydrológie boli z radov maximálnych ročných prietokov určené tri štatistické momenty pre 782 vodomerných staníc v Rakúsku. Tri štatistické momenty reprezentované priemerným ročným povodňovým prietokom a koeficientmi asymetrie a variácie boli použité na odvodenie parametrov GEV rozdelenia, ktoré sa v Rakúsku používa na aproximáciu teoretickej čiary prekročenia N-ročných prietokov. Jednotlivé štatistické momenty boli interpolované pomocou geoštatistickej metódy Top-kriging do viac ako 21700 profilov na tokoch s plochou povodia od 10 km². Okrem priestorovej podobnosti boli pri interpolácii zohľadnené aj iné faktory ako napr. vplyv priemerného ročného zrážkového úhrnu, vplyv dĺžky pozorovaného radu, vplyv jazier a nádrží na zmenšenie kulminácie povodňovej vlny, prípadne vplyv geológie na tvar čiary prekročenia prietokov. Výsledkom hydrologickej časti bola okrem iného mapa N-ročných povodňových prietokov, ktorej príklad je zobrazený na Obr. 1.

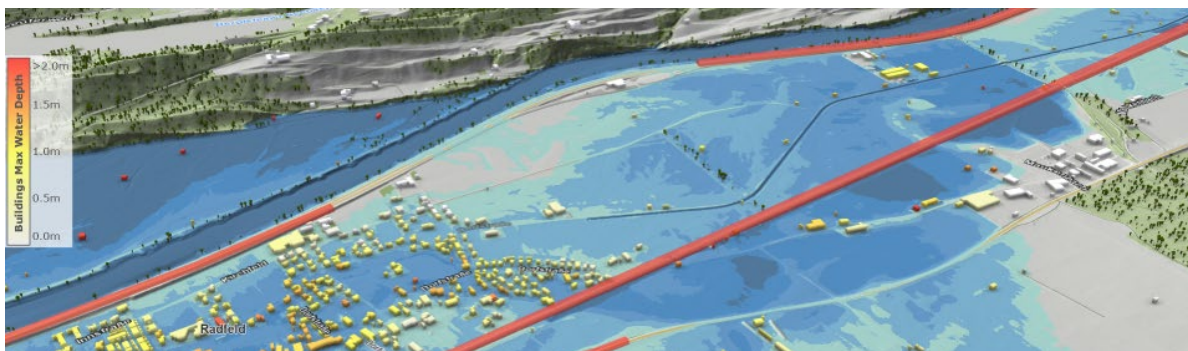
Pri zostrojení povodňovej vlny sa uvažovalo s tvarom vlny daným funkciou hustoty rozdelenia pravdepodobnosti Gama. Jej trvanie bolo určené na základe podrobnej analýzy pozorovaných povodňových vln (Gaál a kol., 2012), a ktoré bolo následne interpolované do profilov bez pozorovania metódou Top-kriging.



Obr. 1 Mapa 100-ročných špecifických prietokov normalizovaných na plochu povodia 100 km².

Hydraulika a vizualizácia

V tretej úlohe bol v rámci spolupráce VRVIs a TUW vyvinutý softvér pre hydrodynamické modelovanie, vizualizáciu zátopových oblastí a analýzu povodňových rizík. Softvér implementuje nové metódy simulácie prúdenia v zátopových oblastiach a do veľkej miery aplikuje paralelizáciu výpočtu pomocou GPU (Buttinger-Kreuzhuber a kol., 2019). Niektoré z nastavení programu takisto umožňujú simulovať krízové situácie, ako napr. pretrhnutie hrádze prípadne znepriatočnenie priepustu pod cestným násypom (Obr. 2).



Obr. 2 Vizualizácia zátopovej plochy pri pretrhnutí hrádze.

Záver

Projekt HORA je reakciou spoločnosti na stále častejší výskyt extrémnych hydrologických javov. Projekt využíva výsledky základného hydrologického výskumu z posledných desaťročí a v rámci multidisciplinárneho vedeckého tímu ich dopĺňa o najnovšie poznatky z oblastí ako geoinformatika, počítačové modelovanie a 3D vizualizácia. Výsledky projektu neslúžia len potrebám štátnej správy a vedeckým inštitúciám, ale najmä súkromnej sfére (poisťovníam) a verejnosti, ktorá v dnešnej digitálnej dobe očakáva jednoduchý prístup k rôznym informáciám aj z oblasti hydrológie a vodného hospodárstva. Z tohto pohľadu je nevyhnutnosťou pre hydrológov nadviazať spoluprácu aj s odborníkmi z iných oblastí, ktorí umožnia lepšie rozšírenie a praktické využitie nadobudnutého poznania.

Podakovanie

Príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0340.

Zdroje

Buttinger-Kreuzhuber A, Horváth Z, Noelle S, Blöschl, G, Waser J (2019). A fast second-order shallow water scheme on two-dimensional structured grids over abrupt topography, In: *Advances in Water Resources*, číslo 127, s. 89–108. (článok v odbornom časopise).

Gaál L, Szolgay J, Kohnová S, Parajka J, Merz R, Viglione A, Blöschl G (2012). Flood timescales: Understanding the interplay of climate and catchment processes through comparative hydrology, In: *Water Resources Research*, ročník 48, číslo 4, W04511. (článok v odbornom časopise).

Hydrologické sucho na horních tocích šumavských, krušnohorských a krkonošských řek: Poznatky z posledního půlstoletí

Vojtěch VLACH¹, Ondřej LEDVINKA², Milada MATOUŠKOVÁ¹

¹ Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Česká republika, email: vojtech.vlach@natur.cuni.cz, milada.matouskova@natur.cuni.cz, ² Oddělení hydrofondu a bilancí, Český hydrometeorologický ústav, Česká republika, email: ondrej.ledvinka@chmi.cz

Abstract

V souvislosti s pokračujícím oteplováním klimatu střední Evropy jsou očekávány změny v odtokovém režimu zdejších řek, zejména pak změny ve frekvenci výskytu hydrologických extrémů, jejich sezónnosti a v případě sucha i změny doby jejich trvání. Zvyšující se průměrná teplota vzduchu a výparu, stagnující množství srážek a snižující se zásoby vody ve sněhové pokrývce v horských oblastech pravděpodobně ještě více prohloubí deficity letních period sucha. Tato studie se zabývá variabilitou a sezónností malých průtoků a hydrologického sucha v patnácti povodích na Šumavě v Krušných horách a Krkonoších. Pro kvantifikaci změn ve vybraných povodích mezi lety 1968 a 2019 byly využity nástroje balíčku „lfstat“ v prostředí R. Výsledky poukázaly na podstatné zvýšení podílu letních such během sledovaného období doprovázené zjevným posunem průměrného data výskytu sucha směrem k začátku kalendářního roku. Nejvýraznější sezónní posuny byly zjištěny převážně v povodích s průměrnou nadmořskou výškou 800–1 000 m. n. m. napříč všemi regiony. Naproti tomu povodí nad 1 000 m. n. m. nevykázaly téměř žádné změny v režimu malých průtoků v období 1968–2019. Zjištění této studie mohou pomoci identifikovat potenciálně nejzranitelnější přírodě blízká povodí z pohledu nedostatku vody v letním období a také při plánování opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu v dotčených oblastech.

Úvod

Hlavním cílem této studie bylo zhodnotit dlouhodobou variabilitu a sezónnost malých průtoků (Q90) a hydrologického sucha (Q95) 15 horských povodích bez struktur výrazně ovlivňujících odtok (přehrady, velké rybníky, velké průmyslové závody). S ohledem na výstupy nedávných studií s podobným zaměřením, které reflektují postupné oteplování, snižující se zásoby sněhu a relativně stabilní množství celkových úhrnů srážek ve středoevropském regionu (Jeníček a Ledvinka, 2020; Langhammer a Bernsteinová, 2020) byly stanoveny následující hypotézy: (1) probíhající změna klimatu způsobuje významnou změnu v poměru mezi letními a zimními epizodami sucha, což (2) ovlivňuje sezónní rozložení malých průtoků a sucha v zájmových povodích, a že (3) doba trvání a intenzita suchých period proto během analyzovaného období roste. Abychom poskytli detailnější vhléd do dynamiky a vývoje sucha a malých průtoků během hodnoceného období (1968–2019), odvodili jsme tyto charakteristiky pomocí 30letých klouzavých průměrů. Tento přístup nám umožnil snížit vliv krátkodobých variací a odlehých hodnot ve sledovaném období a lépe tak pochopit dlouhodobé tendence v daných povodích.

Vstupní data a metodika

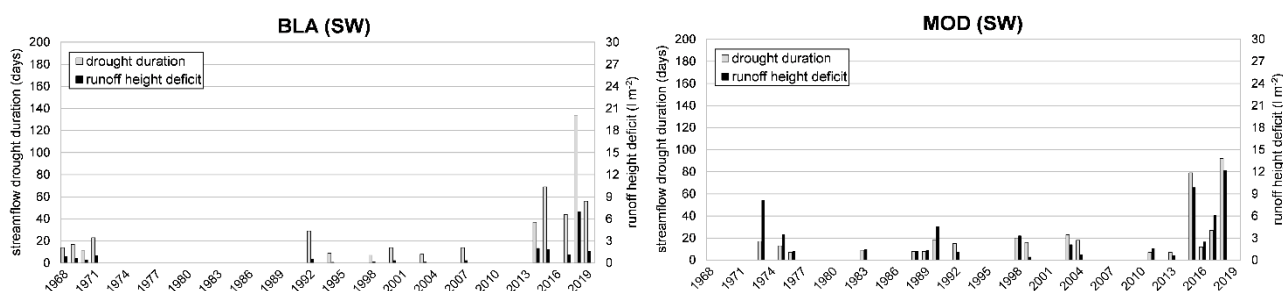
Zájmová povodí byla vybrána na základě několika kritérií: (1) dostupná řada denních průtoků alespoň 50 let dlouhá; (2) absence přehrad a jiných struktur ovlivňujících odtok; (3) velikost povodí nepřesahuje 95 km² a průměrná nadmořská výška povodí je vyšší než cca 600 metrů nad mořem. Podrobná fyzicko-geografická, hydrografická a hydrologická charakteristika všech 15 zájmových povodí je uvedena v publikaci Vlach et al. (2020), ze které tento příspěvek vychází. Řady průměrných denních průtoků byly získány z databázi ČHMÚ (8 stanic), GKD Bayern (3 stanice) a LfULG Sachsen (4 stanice). Časové řady v této studii byly analyzovány za společné, dvaapadesátileté období dostupných dat pro všechny profily (1968–2019).

Malé průtoky a hydrologické sucho byly definovány průtokovými kvantily Q90 a Q95. Kromě toho byly pro lepší srovnání odtokových charakteristik vypočteny specifické odtoky pro malý průtok (q_{90}) a hydrologické sucho (q_{95}) představující průtoky standardizované plochou povodí. Tyto hodnoty pak byly využity pro výpočet dalších ukazatelů, např. „seasonality ratio“ a „seasonality index“ (více v Koffler et al., 2016). Dále jsme se zaměřili na vyhodnocení period „letního“ sucha (duben až listopad). Trvání sucha a deficitní objemy byly odvozeny pomocí měnící se pohyblivé mezní hodnoty Q95. Minimální délka sucha byla stanovena na 7 po sobě jdoucích dnů,

přičemž byly zachovány pouze události charakterizované objemem deficitu rovným nebo větším než 0,5% maximálního objemu zjištěného pro příslušnou stanici. K vyloučení menších překročení prahových hodnot byl použit tzv. „sequent peak algorithm“ (SPA). Roční sumy deficitních objemů byly pro lepší srovnání standardizovány plochou povodí, z čehož vyplynuly finální hodnoty deficitu odtokové výšky v l/m².

Výsledky

Nejvýraznější posun průměrného data výskytu sucha byl pozorován v povodí Bílé Řezné na bavorské straně Šumavy, kde se průměrný den výskytu Q95 posunul o 74 dní směrem k začátku roku, zatímco na profilu Modrava na Vydři byl posun pouze o 6 dní. Průměrný posun průměrného data nástupu hydrologického sucha pro všech 15 povodí při použití 30letých klouzavých průměrů činil 28 dní. Časové rozložení, doba trvání a intenzita letních such byly zkoumány pomocí měsíční (tj. sezónně se měnící) prahové hodnoty Q95. Ačkoli poslední roky, včetně let 2018 a 2015 vykazovaly ve většině povodí zvýšený výskyt dlouhotrvajících a intenzivních období sucha (Obr. 1), není tento vzorec chování zcela platný pro všechna studovaná povodí. U některých z nich byly největší deficitní objemy pozorovány během letních období v 70. a 80. letech. Výskyt sucha v létě ve střední Evropě také silně závisí na množství sněhové pokrývky v předchozí zimě. Nedávná dlouhotrvající sucha skutečně ukazují na potenciálně zvýšenou náchylnost k těmto událostem ve více než polovině vybraných povodí studie.



Obr. 1 Doba trvání hydrologického sucha a deficit odtokové výšky v povodí Blanice, profil Blanický Mlýn (BLA) a Vydry, profil Modrava (MOD) v období 1968–2019.

Závěr

Výstupy této studie do jisté míry potvrdily hypotézy, které předpokládaly vliv probíhající regionální změny klimatu na poměr mezi letními a zimními epizodami sucha a následné změny v sezónním rozložení malých průtoků a sucha v období 1968 až 2019. Povodí s nejvyšší průměrnou nadmořskou výškou se jeví jako nejstabilnější z hlediska rovnováhy mezi letními a zimními suchy. Ve všech regionech byly nejvýraznější změny sezónnosti, intenzity a doby trvání letního sucha zjištěny v povodích orientovaných převážně na jihozápad s nadmořskou výškou 800–1000 metrů nad mořem. Plánovaný další výzkum v této oblasti by měl v přínést i prognózu budoucího vývoje na základě modelových výstupů s ohledem na různé scénáře budoucího vývoje regionálního klimatu.

Poděkování

Tato studie byla vytvořena v rámci projektu GAUK 1168820 „Hydrologické extrémy a jejich vliv na kvalitu povrchové vody v pramenných oblastech Česka“.

Zdroje

Koffler, D, Gauster, T, Laaha, G (2016). lfstat: Calculation of Low Flow Statistics for Daily Stream Flow Data. R package version 0.9.4. Available online: <https://cran.r-project.org/package=lfstat>.

Jenicek, M, Ledvinka, O (2020). Importance of snowmelt contribution to seasonal runoff and summer low flows in Czechia. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 2020, 1–23, doi:10.5194/hess-2019-611.

Langhammer, J, Bernsteinová, J (2020). Which Aspects of Hydrological Regime in Mid-Latitude Montane Basins Are Affected by Climate Change? *Water* 2020, 12, 2279, doi:10.3390/w12082279.

Vlach V, Ledvinka, O, Matouskova, M (2020). Changing Low Flow and Streamflow Drought Seasonality in Central European Headwaters. *Water*, 12(12), 3575. <https://doi.org/10.3390/w12123575>.

Post-processing krátkodobých hydrologických předpovědí pomocí aplikace metody DRESSING

Tomáš VLASÁK, Jakub KREJČÍ

Český hydrometeorologický ústav, Česká republika, email: tomas.vlasak@chmi.cz, jakub.krejci@chmi.cz

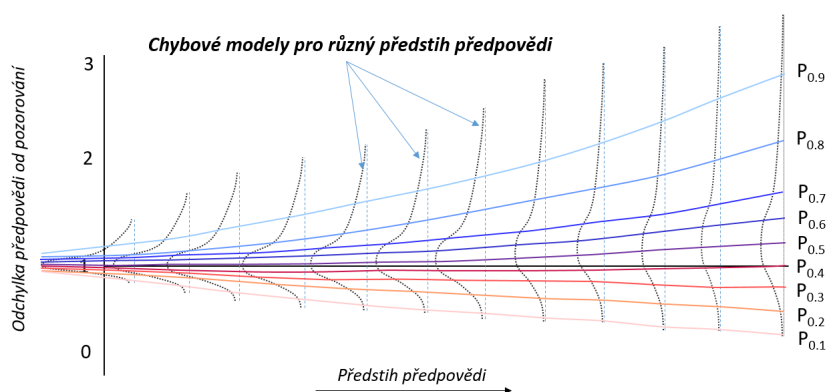
Úvod

Pravděpodobnostní předpovědi jsou založené na kvantifikaci různých zdrojů nejistoty předpovědi, vytvoření statistického rozložení možných odchylek a jeho aplikaci ve výpočtu předpovědi – vytvoření předpovědního ansámblu. V případě hydrologického modelování jsou v operativním provozu hydrologické pravděpodobnostní předpovědi založené často výhradně na různých variantách předpovědi srážek. Nejistota vznikající při hydrologickém modelování se zanedbává, protože při povodních je vliv nejistoty předpovědi srážek natolik dominantní, že pro účely protipovodňové ochrany je tato pravděpodobnostní předpověď dostatečná. Nicméně hydrologické předpovědi mají i jiné využití, než je protipovodňová ochrana, a proto je žádoucí zahrnout do výpočtu i nejistotu hydrologickou.

Mezi metodami, které řeší kvantifikaci této nejistoty formou post-processingu již vypočtené předpovědi, je metoda Dressing, kterou publikoval Pagano a kolektiv [2012]. Postup je založený na analýze historických odchylek modelovaných a pozorovaných průtoků a vytvoření chybových modelů pro úpravu vypočtené předpovědi. Předmětem této studie bylo testování, úprava a příprava na aplikaci metody Dressing do operativního provozu hydrologické předpovědní služby ČHMÚ pro výpočet krátkodobé pravděpodobnostní předpovědi průtoků.

Metodika

Metoda Dressing upravuje vypočtenou hydrologickou předpověď na základě zpracovaných odchylek ze zpětně simulovaných, tzv. historických předpovědí a pozorovaného průtoků. Historické předpovědi byly spočteny operativně používaným kontinuálním hydrologickým modelem Aqualog při nahrazení předpovědi srážek pozorovanými hodnotami. Nastavení modelu by se v co největší míře mělo podobat operativnímu provozu, aby výsledné předpovědi dobře reprezentovaly reálné možnosti hydrologického modelování.



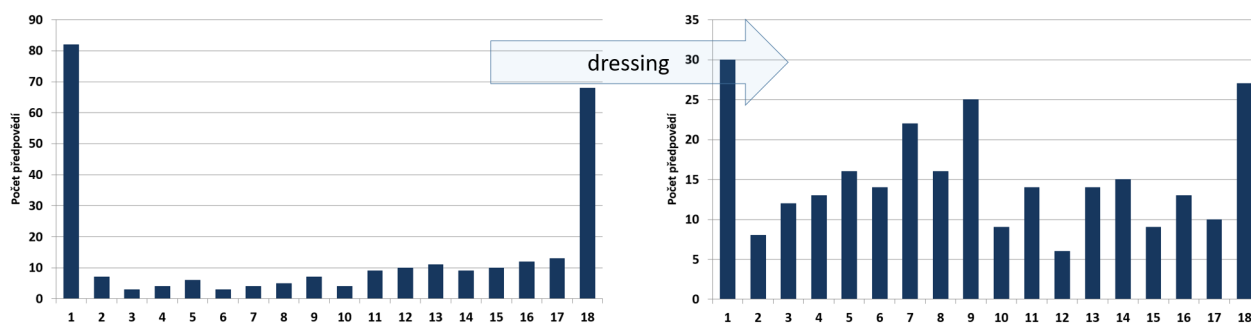
Obr. 1 Typický průběh chybového modelu v závislosti na předstihu předpovědi. Barevné čáry označují percentily rozložení odchylek.

Chybový model vzniká analýzou odchylek vybraných předpovědí pro různý předstih předpovědi (obr. 1). Při testování se osvědčila metoda dynamického výběru pro každou předpověď. Individuální chybový model je sestaven z historických předpovědí, které dosáhly největší shody s upravovanou předpovědí na základě velikosti koeficientu Nash-Sutcliffe. Každé předpovědi je proto přiřazen jiný specifický chybový model. U předpovědí, které nemají v archivu dostatečný počet podobných variant, je Dressing vynechán. To eliminuje nevhodné úpravy, zejména u předpovědí do povodňových stavů, u kterých zahrnutí chyb z předchozích simulací může produkovat nereálné varianty.

Výsledky

Hydrologické ansámblové předpovědi založené pouze na srážkovém ansámblu mají při meteorologické předpovědi s malými nebo žádnými úhrny deště nedostatečný rozptyl variant odtoku. Metoda Dressing rozšiřuje rozptyl u všech předpovědí, včetně poklesových fází, a tím zlepšuje celkovou statistiku úspěšnosti.

Úspěšnost metody je závislá na nastavení míry podobnosti (velikosti koeficientu Nash-Sutcliffe) pro výběr historických předpovědních analogonů. Vysoká podobnost zaručuje lepší výsledky, ale menší počet upravených předpovědí. Při nastavení, které umožnilo upravit zhruba polovinu předpovědí, docházelo k významnému snížení počtu případů, kdy se pozorovaný průtok nacházel mimo rozptyl variant odtoku, a k celkovému vyrovnání četnosti výskytu pozorovaného průtoku uvnitř předpovědního ansámblu.



Obr. 2 Rank histogram pro 270 hydrologických předpovědí pro povodí Ličov- Černá počítaných na základě sedmnáctičlenného srážkového ansámblu ze systému ALADIN-LAEF před úpravou dressingem (graf vlevo) a po jeho použití. Nastavení metody umožnilo úpravu zhruba poloviny předpovědí.

Zdroje

Pagano T. C., Shrestha D. L., Wang, Q. J., Robertson, D., Hapuarachchi P. (2012). Ensemble dressing for hydrological applications, In: *Hydrological Processes*, Special issue S173 Hydrological Ensemble Prediction Systems (HEPS), 2012.

Simulácia extrémnych meteorologických udalostí stochastickým generátorom počasia

Roman VÝLETA, Ján SZOLGAY

Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Radlinského 2766/11, 810 05, Bratislava, Slovenská republika, email: roman.vyleta@stuba.sk, jan.szolgay@stuba.sk

Úvod

Pri návrhu vodohospodárskych stavieb nie len v minulosti, ale i v súčasnosti zohrávajú kľúčovú úlohu údaje o prietokoch, úhrnoch zrážok a teplotách vzduchu. Na Slovensku (ale aj inde vo svete) vo väčšej miere absentujú dlhšie časové rady prietokov pre potreby riešenia a výskumu viacerých špecifických úloh. V praxi sú bežnejšie dostupné rady úhrnov zrážok a teplôt vzduchu, ktoré sa používajú najmä ako vstupy v rámci zrážkovo-odtokového modelovania a majú v priemere oveľa väčšiu dĺžku ako dostupné prietokové rady. Na získanie údajov o prietokoch alebo ich doplnenie môže byť využitý kombinovaný deterministicko-stochastický modelovací prístup. Technika využívajúca generátor počasia v spojení s hydrologickým modelom umožňuje odvodenie dlhých kontinuálnych simulácií radu prietokov. Tieto tzv. hybridné metódy umožňujú vytvárať syntetické časové rady prakticky ľubovoľnej dĺžky s bohatšou kombináciou extrémnych hydrologických situácií, ako sú k dispozícii s meraní. V súčasnosti existuje veľké množstvo rôznych generátorov počasia, ktoré sa od seba líšia najmä svojou komplexnosťou a schopnosťou generovať rôzne meteorologické charakteristiky, či už v izolovanej stanici alebo súčasne na viacerých miestach (v priestore). Je nutné si však uvedomiť, že nie vždy sa dajú mechanicky aplikovať, pretože sú overené len pre špecifické podmienky toho-ktorého režimu. U nás takéto modely v praxi absentujú, preto bol výskum zameraný na vývoj takéhoto aparátu umožňujúceho generovanie ľubovoľne dlhých syntetických radov zrážkových úhrnov a teplôt vzduchu na jednom mieste v dennom kroku pre dané lokálne fyzicko-geografické podmienky. Vyvinutý generátor počasia bol testovaný na vybranom povodí pre účely frekvenčnej analýzy prietokov (ďalej len FFA).

Metodika

Zrážkovo-odtokové modely používané vo frekvenčnej analýze prietokov majú v prevažnej miere priestorovo sústredené parametre, bolo účelné teda zaviesť do praxe simulovanie úhrnov zrážok a teplôt vzduchu na povodí, čím sa obišla potreba študovania a modelovania priestorovej závislosti v sústave staníc.

Generátor počasia

Vyvinutý generátor počasia umožňuje generovanie syntetických radov zrážkových úhrnov a teplôt vzduchu v dennom kroku ako priemerné hodnoty na povodie. Syntetický časový rad zrážok je generovaný v nasledujúcich troch krokoch: i) model výskytu zrážok je použitý na generovanie časovej rady striedania mokrych a suchých dní; ii) pomocou štatistického rozdelenia sú generované množstvá zrážok pre každú m-dennú zrážkovú udalosť; iii) metódou fragmentov sú jednotlivé m-denné zrážkové úhrny rozdelené proporcionálne do jednotlivých dní zrážkovej udalosti (Výleta, 2013). Zodpovedajúci časový rad teplôt vzduchu je generovaný osobitne, pričom model teplôt vzduchu (autoregresný model prvého rádu) zohľadňuje informácie o výskyte zrážok v daný deň a využíva aj vyhladzovanie pomocou harmonickej funkcie (Výleta a Szolgay, 2014). Zostavený generátor počasia zohľadňuje aj vplyv sezónnosti odvodením jeho parametrov pre každý kalendárny mesiac zvlášť v oboch podmodeloch.

Údaje

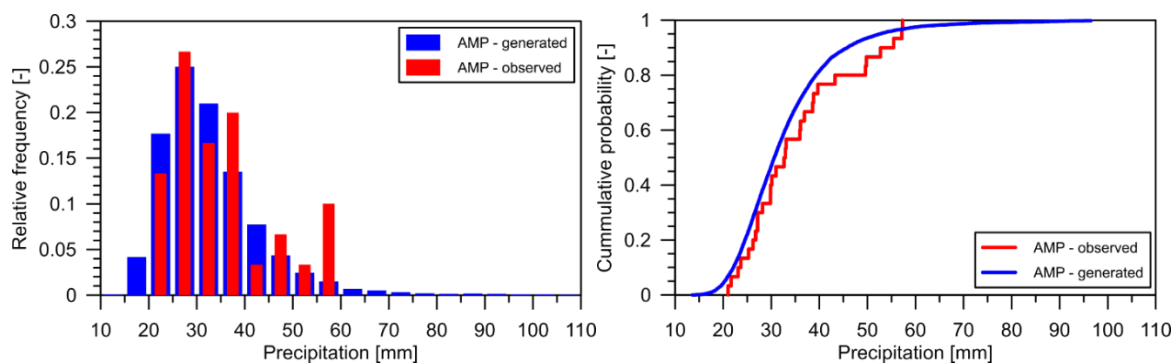
Model bol použitý pri generovaní priemerných zrážkových úhrnov a teplôt vzduchu v povodí rieky Váh po Liptovský Mikuláš, ktoré je situované v severnej časti Slovenska s rozlohou 1100.8 km² a možno ho charakterizovať ako horské s priemernou nadmorskou výškou 1090.3 m n. m. Pre účely tejto práce boli použité denné údaje (zrážky a teploty vzduchu) z obdobia 1961-2010. Priemerné zrážkové úhrny na povodie boli vypočítané metódou inverznej váženej vzdialenosti z 28 zrážkomerných staníc a pri výpočte priemernej teploty vzduchu na povodie bola použitá metóda teplotného gradientu. K dispozícii bolo 6 klimatických staníc.

Generovanie syntetických radov meteorologických charakteristík

Generátor počasia bol použitý na generovanie syntetických časových radov priemerných denných úhrnov zrážok a teplôt vzduchu na povodie o dĺžke generovaného časového radu 10 000 rokov, čím by mal byť v časovom rade zrážok zabezpečený aj taký obsah intenzít zrážkových udalostí, ktoré neboli pozorované v historických záznamoch. Dĺžka takýchto časových radov by navyše mala obsahovať aj zriedkavé kombinácie udalostí extrémnych zrážok a nepriaznivých počiatkových podmienok, ako sú napr. extrémne zrážky na nasýtenom povodí. Najskôr boli generované časové rady syntetických zrážok a následne na základne informácie o výskytoch zrážok bol simulovaný časový rad teplôt vzduchu.

Výsledky

Výsledky ukázali, že generátor počasia bol schopný veľmi dobre reprodukovat' distribúciu dĺžok suchých aj mokrých období, priemerné m-denné úhrny zrážok, ako aj dostatočne dobre simulovať vybrané štatistické ukazovatele časového radu teplôt vzduchu. Za účelom posúdenia schopnosti modelu reprodukovat' štatistické charakteristiky extrémnych zrážok pre účely FFA boli vytvorené rady maximálnych ročných (ďalej len AM) pozorovaných aj generovaných zrážok a porovnané ako histogramy a empirické kumulatívne distribučné funkcie ECDF (Obr. 1a, b). Výsledky ukázali, že generované rady zrážok AM obsahujú menej hodnôt v rozmedzí 35-40 mm a 45-50 mm ako zodpovedajúce pozorované. Napriek tomu sú rozdiely medzi týmito dvoma histogramami prirodzené kvôli krátkej dĺžke pozorovaných radov AM. Model tiež generuje určité úhrny zrážok, ktoré sú vyššie ako maximum zrážok v historických záznamoch (Obr. 1a, b). Skutočnosť, že model generuje určité množstvo zrážok vyššie ako maximum zrážok v historických záznamoch pri zachovaní vybraných štatistických charakteristík, ho robí vhodným na použitie pri frekvenčnej analýze povodní.



Obr. 1 Porovnanie ročných radov maxim pozorovaných a generovaných zrážok vo forme: a) histogramu; b) ECDF.

Záver

Predložená práca predstavila jednoduchú metodiku generovania časových radov syntetických meteorologických charakteristík na povodí o dĺžke 10 000 rokov, ktoré majú porovnateľné vybrané štatistické vlastnosti ako pozorované rady. Výsledky navyše ukázali, že najväčšou výhodou použitia generátorov počasia je, že kým pozorované údaje predstavujú iba jednu realizáciu skúmaného javu, generátory počasia dokážu poskytnúť nekonečné množstvo rôznych situácií. To umožňuje jeho využitie napr. pri riešení úloh odhadu extrémnych povodňových charakteristík, kde významný vplyv na hodnotu N-ročného prietoku má najmä dĺžka analyzovaného radu a s ňou spojený výskyt extrémnych javov.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0340 a grantovým projektom VEGA 1/0632/19.

Zdroje

Výleta, R. (2013). Modelovanie úhrnov zrážok na povodí pre frekvenčnú analýzu prietokov, Slovenská technická univerzita v Bratislave, (Dizertačná práca).

Výleta, R., Szolgay, J. (2014). Stochastická simulácia priemerných denných teplôt vzduchu na povodí rieky Hron pre frekvenčnú analýzu prietokov“, *Acta Hydrologica Slovaca*, **15** (1), s. 178–185. (článok odborného časopisu).

Projekt DAREFFORT – Medzinárodná spolupráca a výmena údajov v oblasti predpovedných systémov v povodí Dunaja

Valéria WENDLOVÁ, Marcel ZVOLENSKÝ

Slovenský hydrometeorologický ústav, Slovensko, email: valeria.wendlova@shmu.sk,
marcel.zvolensky@shmu.sk

Abstract

Medzinárodná spolupráca, koordinácia protipovodňových opatrení a zvýšenie kvality predpovedných systémov v celom povodí Dunaja je jedným z hlavných cieľov neštruktúrálnych opatrení vyplývajúcich z Plánov manažmentu povodňového rizika. V rámci Danube Transnational Programme - Dunajského nadnárodného programu sa 1. júna 2018 začal Medzinárodný projekt DAREFFORT – Danube River Basin Enhanced Flood Forecasting, ktorý končí v máji 2021.

Hlavným cieľom projektu je vytvorenie štandardizovanej medzinárodnej platformy na výmenu hydrometeorologických dát, ktorá pomôže zlepšiť kvalitu a efektívnosť predpovedných systémov v jednotlivých krajinách. Dôležitým prvkom jeho riešenia je princíp solidarity a výmena skúsenosti.

Jednotlivé aktivity boli rozdelené do 5 pracovných balíkov (ďalej WP). V rámci 1. balíka (WP1) je zabezpečovaný projektový odborný a finančný manažment, t.j. reporting každých 6 mesiacov. Druhý pracovný balík (WP2) zahŕňa aktivity z oblasti propagácie projektu na národnej a medzinárodnej úrovni, na sociálnej sieti Facebook, LinkedIn, v pravidelnom spravodajcovi v digitálnej, prípadne tlačenej forme a na stránke projektu. Bola vydaná informačná brožúra v anglickom a slovenskom jazyku a prezentačné videa v anglickom a slovenskom jazyku. V júni 2019 SHMÚ v rámci Dňa Dunaja zorganizoval Informačný deň pre širokú verejnosť. Členovia projektového tímu prezentovali projekt na rôznych konferenciách. Výstupy jednotlivých pracovných balíkov a detailné informácie o projekte sú dostupné na stránke <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dareffort>

Odborné činnosti projektu sú tematicky rozdelené do troch pracovných balíkov, ktoré sú navzájom prepojené a jednotlivé aktivity sa logicky dopĺňajú.

V treťom pracovnom balíku (WP3) sa vykonalo niekoľko analytických aktivít. Slovenskí projektoví partneri (SHMU a SVP š.p) vypracovali „Status Quo“ t.j. súčasný stav predpovedných systémov a metodík na predpovedanie povodní a ľadových úkazov. V rámci tohto pracovného balíka sa spracovalo niekoľko čiastkových správ - vyhodnotenie predpovedných systémov v jednotlivých krajinách, prehľad zdrojových údajov a ekonomická analýza scenárov budúcich možných predpovedných systémov. V záverečnom dokumente je zoznam poskytovaných hydrologických a meteorologických údajov s dôrazom na kritické miesta a rozdielnosť formátov jednotlivých údajov, prehľad predpovedných systémov a jednotlivých modelov, analýza toku dát v rámci súčasnej výmeny údajov, špecifikácia predpovedných podmienok v jednotlivých krajinách a návrh možných konceptov na optimálnu spoluprácu pri výmene údajov.

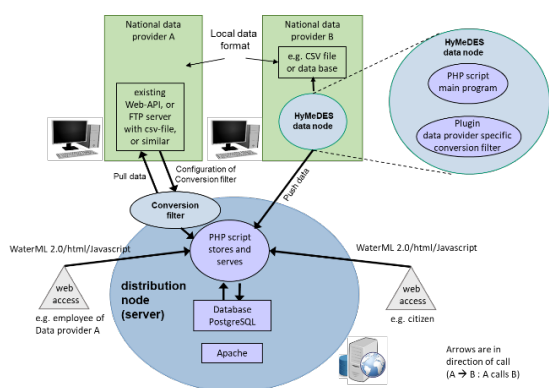
SHMÚ bude poskytovať pre projekt Dareffort údaje z 13 hydrologických (vodný stav, teplota vody a prietok) a 22 meteorologických staníc (zrážky) v hodinovom časovom kroku).

V rámci 4. pracovného balíka (WP4) partneri spoločne vypracovali politické odporúčania pre tvorbu dátovej politiky, ktoré budú predložené Medzinárodnej komisii pre ochranu Dunaja (ICPDR) v záujme vytvorenia Dunajského hydrologického informačného systému (DanubeHIS).

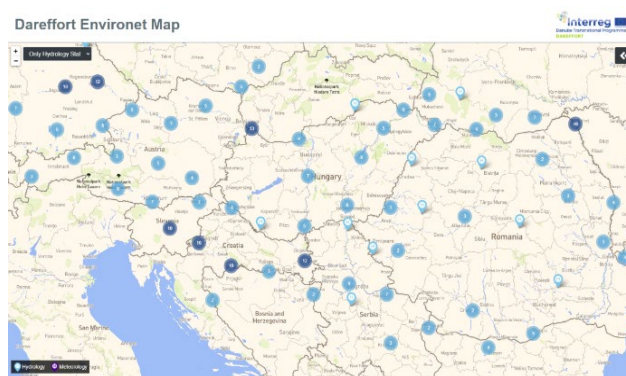
Po analýze dostupných údajov každého z partnerov projektu (formát údajov, používaný informačný systém) a po zdefinovaní špecifických požiadaviek na harmonizáciu údajov každý z partnerov predložil zoznam staníc, meraných veličín a spôsob ich zdieľania. V rámci aktivít projektu bol navrhnutý koncept na výmenu údajov - HyMeDES EnviroNet (Danube Hydrological and Meteorological Common Data Exchange), ktorý definuje spôsob získavania údajov do Distribučného uzla (centrálny server), ich konverziu na spoločný formát (Waterml2.0) a distribúciu údajov z centrálného servera (Obr. 1). V rámci konceptu HyMeDES EnviroNet bol vyvinutý webový

nástroj na interaktívne zobrazovanie údajov v mape, ktorá je založená na OpenStreetMap a zobrazuje všetky hydrologické stanice a všetky meteorologické stanice (Obr. 2).

Vyvinutá platforma a doručovanie údajov od partnerov projektu z viac ako 600 staníc do Distribučného uzla boli testované od začiatku septembra do konca októbra 2020. Prvé tri mesiace fungovania platformy HyMeDES EnviroNet ukázali, že spoločný koncept výmeny údajov, konverzia národných dátových formátov do spoločného dátového formátu a softvér funguje ako praktická aplikácia v reálnych podmienkach.



Obr. 1 - Systém HyMeDES EnviroNet-



Obr. 2- Sieť hydrologických staníc pre Danube HIS

Piaty pracovný balík (WP5) je zameraný na interakciu s koncovými užívateľmi predpovedí a rozvoj znalostí a zručnosti pri tvorbe hydrologických predpovedí. V priestoroch Vodárenského múzea v Bratislave sa v septembri 2019 uskutočnil workshop zameraný na výmenu skúseností medzi poskytovateľmi (pracovníci SHMÚ z odboru Hydrologické predpovede a výstrahy) a užívateľmi hydrologických predpovedí a výstrah (pracovníci rezortu Ministerstva vnútra SR a zástupcovia okresných úradov – odborov starostlivosti o životné prostredie, odborov krízového riadenia, zástupcovia okresných a krajských hasičských záchranných zborov, zástupcovia univerzít a Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p.). Počas pracovného workshopu užívatelia informovali o svojich skúsenostiach pri práci s produktami SHMÚ a vyjadrili návrhy na zlepšenie spolupráce.

Dôležitým výstupom projektu bude školiaci nástroj (E-learning tool). Hlavným cieľom e-learningového kurzu je poskytnúť potrebné informácie potenciálnym budúcim profesionálnym používateľom výmeny údajov, ako aj podporiť lepšie pochopenie predpovedí povodní a ľadov všeobecne a popisuje hlavné výsledky dosiahnuté projektom DAREFFORT. Všetky tieto tematické okruhy sú spracované do 10 modulov. Nástroj bude dostupný na webovej stránke <https://dflearn.environ.hu>.

V závere projektu je plánovaná záverečná konferencia - 2. DAFF (Danube forecasting forum) t.j. medzinárodné stretnutie profesionálov z oblasti predpovedných systémov, užívateľov týchto produktov ako aj všetkých zástupcov projektových partnerov.

Vývoj nových technologických nástrojov na výmenu údajov, medzinárodná platforma na vzájomnú výmenu skúseností a interakcia s koncovými užívateľmi sú hlavné výstupy projektu, ktoré by mali priniesť kvalitnejšie predpovedanie povodní a ľadových úkazov v celom dunajskom regióne a splniť jeho ciele

Téma 3

Ekohydrologie, společenské potřeby a vzdělávání v hydrologii a vodním hospodářství



Zavodňování lužního lesa při soutoku Moravy a Dyje

Jana MATULOVÁ, Karel KNĚŽÍNEK, Hana HORNOVÁ

Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, Brno-Žabovřesky, Česká republika, email:
jana.matulova@chmi.cz, karel.knezinek@chmi.cz, hana.hornova@chmi.cz

Lužní les

Lužní les je ekosystémem, který ke své existenci potřebuje vysokou hladinu podzemní vody a zaplavení i několik týdnů za rok. Při nedostatečném zaplavování může docházet k usychání rostlin, dřevin a vymírání druhů, které jsou vázány na vlhkost lužního lesa. Jeden z nejvýznamnějších v České republice roste na jižní Moravě, v nejbližším okolí měst Břeclav a Lanžhot, v oblasti soutoku řek Dyje, Moravy a Kyjovky, kde se nachází obora Soutok. Příspěvek se snaží poukázat na vliv umělého zavodnění luhu při zvláštní manipulaci s průtokem v řece Dyji. Jaký byl vliv umělého zaplavování obory Soutok v roce 2019 a 2020? Jak se projevilo zaplavení luhu povodňovými stavy v letních a podzimních měsících v roce 2020? Umělé zavlažování je za určitých podmínek aplikováno posledních 30 let. V rámci článku bude zahrnuto i porovnání s povodňovými událostmi, které následovaly po umělém zavlažování v roce 2020.

Základní informace a použitá data

Díky úpravám koryt Dyje, Moravy a dalších toků v zájmovém území, výstavbou Novomlýnských nádrží a řízenou manipulací na vodohospodářských objektech dochází k méně častému výskytu povodňových situací. To má však za následek snížení hladiny podzemní vody v lužním lese. Za běžných průtoků (cca 25 m³/s) voda do lužního lesa přívodními koryty nepřitéká, ale nedostane se tam ani při vyšších průtocích v případech, kdy je nátok zamezeno manipulačním objektem. V 90. letech 20. století byla snaha zaplavování lužního lesa obnovovat, a to příležitostným vypouštěním vody z Novomlýnské nádrže v takovém objemu, který by měl simulovat potřebné záplavy. V dalším období docházelo k zavlažování této oblasti pomocí umělých kanálů, které původně měly sloužit k jejímu odvodnění. Tyto snahy se však vzhledem k postupnému zanášení těchto zavlažovacích kanálů a prohlubujícím se suchu na jižní Moravě, začaly ukazovat jako nedostatečné. Proto se v posledních letech opět přistoupilo k umělému povodňování pomocí navýšení průtoku v Dyji. K tomuto umělému zavlažování luhu dochází na základě žádosti organizace Lesy ČR, která žádá o tuto mimořádnou manipulaci podnik Povodí Moravy, většinou v období s nedostatkem srážek ať už dešťových či sněhových. Pokud je množství vody naakumulované v nádrži Nové Mlýny dostatečné, může dojít k vypuštění vody do řeky Dyje, a zavlažení obory Soutok. K této situaci došlo pravděpodobně v letech 1992 a 1998, ale především na začátku března v roce 2017, 2019 a 2020. Naopak při nedostatku zásob vody v nádržích se zavlažení lesa uskutečnit nemůže, jako tomu bylo např. v roce 2018 (Povodí Moravy, 2020; Veselý, 2020).

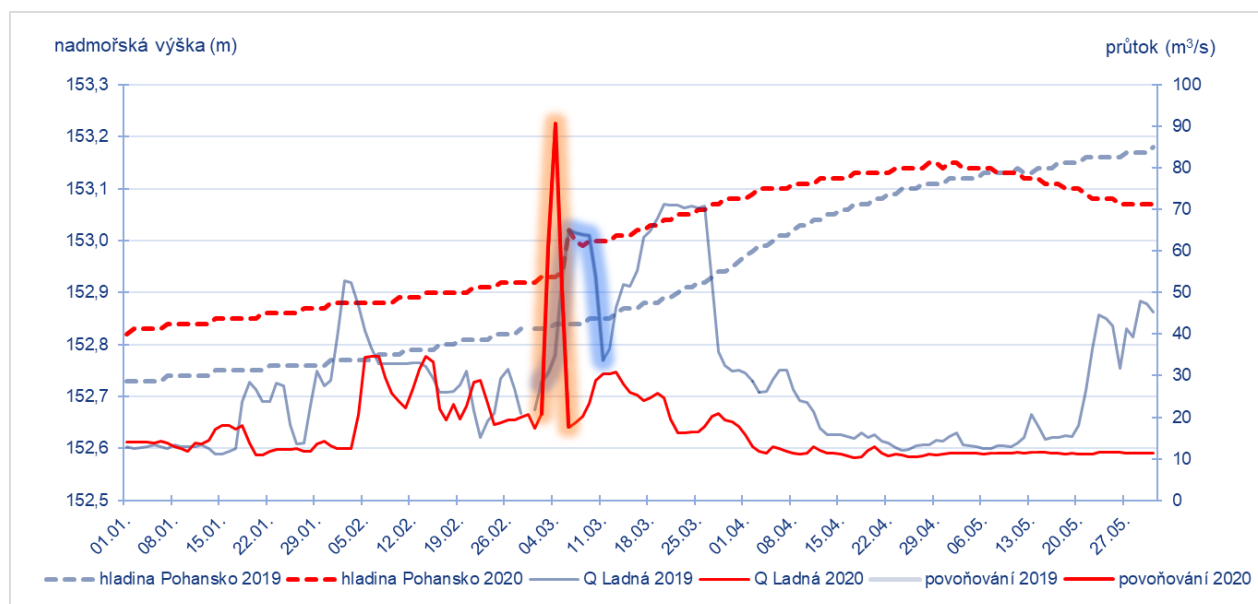
Základním podkladem pro zhodnocení hydrologické situace jsou průtoky z vodoměrné stanice Ladná na řece Dyji a stavy podzemních vod ze čtyř mělkých vrtů v oblasti obory Soutok a blízkého okolí. Data z vodoměrné stanice Ladná budou zobrazena ve formě hydrogramu. Stavy podzemních vod z mělkých vrtů budou zobrazeny v závislosti na nadmořské výšce, resp. hloubce vzhledem k petrografickému členění. Budou použita hodinová, případně i průměrná denní data, a to jak pro data z vodoměrné stanice, tak i pro stavy podzemních vod. Poznatky z terénního šetření doprovodí fotografie a výsledky samotných měření z roků 2019 a 2020.

Výsledky

V roce 2019 při umělém zavlažování v Dyji proudilo cca 66 m³/s v době terénního šetření. V místě vtoku vody do obory byl odhadnut průtok 0,2 m³/s. Za tohoto množství voda zůstávala v korytě přívodního kanálu. V roce 2020 při stejné situaci proudilo v Dyji cca 70 m³/s v době terénního šetření, v místě vtoku bylo naměřeno přibližně 1,3 m³/s a kolem koryta došlo k vylití do luk. Tyto výsledky jsou vzhledem ke kvalitě měření pouze orientační, protože podmínky pro měření průtoku nebyly ideální, ale pro hrubé porovnání jsou dostačující. Při terénním šetření bylo vidět mnoho míst, kam se voda v oboře i mimo ni nedostala za obou situací.

Následující popis dokresluje Obr. 1. V roce 2019 nebylo umělé zavlažení lužního lesa v podzemních vodách patrné, (při průtoku 70 m³/s v řece Dyji). V roce 2020 (při průtoku do 90 m³/s v Dyji) byl patrný vliv v podzemních vodách v některých mělkých vrtech Pohansko a Lány, které jsou v blízkosti povrchové vody. Oproti tomu ve vrtech vzdálenějších od zdroje povrchové vody se zvýšení hladiny podzemní vody projevilo velmi nepatrně či

neprojevilo. Na první pohled je zřejmý pozvolný vzrůst hladin podzemní vody, který je přirozený v rámci roční periody jejího kolísání. Maxima této pravidelné roční periody jsou na jaře, minima pak na podzim. Na jaře je tento vzrůst způsoben dotací vody ze zimních srážek a postupným rozpouštěním zimních zásob sněhu z krystalinika Vysočiny. Doba dotoku pak odpovídá zpoždění podzemní vody za vodou povrchovou v řekách, kde maxima bývají zaznamenána na konci března a začátku dubna.



Obr. 1 Srovnání vlivu průtoku ($Q = \text{m}^3/\text{s}$) ve vodoměrné stanici Ladná na hladinu podzemní vody (m n. m.) v mělkém vrtu Pohansko v období 1. 1.–31. 5. 2019 a 1. 1.–31. 5. 2020 vč. umělého zavodnění (povodňování) v období 4.–9. 3. 2019 a 3.–5. 3. 2020

Závěr

Vzhledem k omezení vzniku přirozených povodní kvůli výstavbě nádrží, zkapacitnění a napřímení koryt, by mohlo být umělé zaplavení pro lužní les velmi cenné a potřebné. Při umělých povodňováních dochází pouze k méně významným zvýšením průtoků v řece Dyji (v roce 2019 přibližně $70 \text{ m}^3/\text{s}$ a v roce 2020 přibližně $90 \text{ m}^3/\text{s}$). Za významné přitom můžeme ve vodoměrné stanici Ladná považovat průtoky od hodnoty jednoleté vody $Q_1 = 160 \text{ m}^3/\text{s}$. Plocha lužního lesa mezi řekami Dyjí a Moravou je natolik rozsáhlá, že mírně zvýšené průtoky v Dyji (kolem $70 \text{ m}^3/\text{s}$) nezpůsobí dostatečné protečení vody v suchých korytech a nezvýší hladiny podzemních vod tak, jak by lužní les potřeboval. V tak suchých obdobích, které sužovaly luh v minulých letech, se při jeho zavodňování hladina podzemní vody místy zvýší, avšak je možné, že i přes nepatrné zvýšení hladiny na ni vegetace svými kořeny stejně nedosáhne. Při vyšším průtoku (přes $90 \text{ m}^3/\text{s}$) v Dyji je vliv vody převedené do obory Soutok na podzemní vody v této oblasti již patrnější. I tak však zůstává k diskusi, zda se do lužního lesa dostává dostatečné množství vody. Musíme brát ohled i nato, že některé vrty také reagují na přívod vody z jiných toků (např. Kyjovky). V článku bychom chtěli věnovat prostor i vyhodnocení vlivu běžných povodňových událostí na hladinu podzemní vody v průběhu celého roku 2020.

Zdroje

Povodí Moravy (2020). Tiskové zprávy, <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/> (17. 6. 2020)

Veselý D (2020) Čtyři podoby povodňování na soutoku Moravy a Dyje. In: *Veronica*, r. 34., číslo 1, s. 16–21.

Kvalita vody v povodí jihočeské Blanice

Kateřina FRAINDOVÁ, Milada MATOUŠKOVÁ, Zdeněk KLIMENT, Vojtěch VLACH

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Česká republika, email: katerina.fraindova@natur.cuni.cz, milada.matouskova@natur.cuni.cz, zdenek.kliment@natur.cuni.cz, vojtech.vlach@natur.cuni.cz

Úvod

Kvalita vody v pramenných oblastech má vysoký význam pro celý ekosystém včetně člověka, její monitoring proto má nenahraditelnou úlohu. Povodí horní Blanice je významné jak z pohledu vodního zdroje, tak z hlediska ochrany přírody. Více než 77 % území spadá pod CHKO Šumava, toto povodí je zároveň jedinečné výskytem nejhojnější populace perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) ve střední Evropě.

Metodika

Zhodnocení kvality vody proběhlo na třech úrovních. Dlouhodobý trend v povodí byl hodnocen z dat Povodí Vltavy, s.p. pro závěrový profil Blanický mlýn mezi lety 2007–2019. Porovnání změn bylo dále provedeno pro malé povodí SPA ze sítě GEOMON České geologické služby (ČGS, 2016) pro období 1994–2006 a vlastního monitoringu (2018–2019). Současný stav kvality vody v povodí byl hodnocen v 9 profilech s pomocí Analýzy hlavních komponent (PCA). Hodnoty jednotlivých parametrů během srážko-odtokových událostí byly porovnávány s mediánem.

Výsledky

Dlouhodobé změny

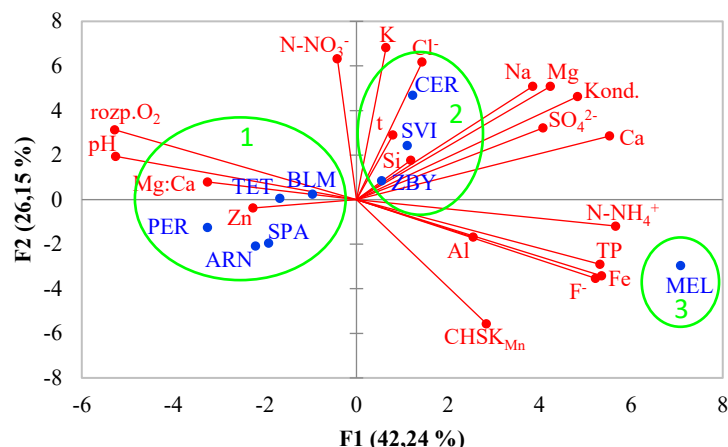
Mann-Kendallův test odhalil pokles dusičnanového dusíku (N-NO_3^-), celkového dusíku (TN) a fosforečnanového fosforu (P-PO_4^{3-}) v povodí od roku 2003, což je možné dávat do souvislosti zejména se změnou hospodaření v povodí. Naopak v profilu SPA, nacházejícím se uprostřed povodí došlo k částečnému nárůstu dusičnanového dusíku. Společně s tím zde došlo také k nárůstu koncentrací bazických kationtů. Tyto změny s největší pravděpodobností souvisí s lesnickými aktivitami v tomto povodí.

Současný stav

Na Obr. 1 je možné vidět rozdělení 9 profilů pomocí Analýzy hlavních komponent (PCA) do 3 hlavních skupin (přírozená, částečně antropogenně ovlivněná, meliorační drenáž). Voda z meliorační drenáže byla charakterizována vyššími koncentracemi amoniakálního dusíku (N-NH_4^+), celkového fosforu (TP), železa (Fe), fluoru (F^-), chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Mn}), zatímco přírodní povodí vykazovala vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, pH a poměr hořčíku k vápníku (Mg: Ca). V částečně meliorovaných povodích byly zjištěny vyšší koncentrace bazických kationtů (Ca, Mg, Na, K), dusičnanů, síranů a chloru (Cl^-) a také vyšší hodnoty konduktivity.

Kvalita vody za srážko-odtokových událostí

Změny fyzikálně-chemických parametrů během odlišných srážko-odtokových podmínek odhalily vyšší uvolňování hliníku (Al), CHSK_{Mn} , rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a TP během silných srážkových událostí (Tabulka 1).



Obr. 1 Analýza hlavních komponent vybraných fyzikálně-chemických parametrů (červeně) ve studovaných profilech (modře).

Tab. 1 Zvýšené koncentrace vybraných parametrů kvality vody během srážko-odtokové epizody, červeně > 10krát vyšší než medián, fialově > 5krát vyšší než medián, zeleně > 3krát vyšší než medián, NM = Neměřeno.

číslo profilu	název profilu	Al [$\mu\text{g.l}^{-1}$]		CHSK _{Mn} [mg.l^{-1}]		DOC [mg.l^{-1}]		TP [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	
		Medián	Konc. při epizodě	Medián	Konc. při epizodě	Medián	Konc. při epizodě	Medián	Konc. při epizodě
1	ARN	191.0	940.0	12.2	38.1	14.3	25.2	40.0	90.0
2	PER	85.0	440.0	5.4	25.0	NM	NM	15.0	30.0
3	TET	82.5	940.0	6.9	31.2	7.5	26.1	15.0	80.0
4	SPA	149.0	750.0	7.2	32.6	8.3	23.2	15.0	50.0
6	ZBY	127.0	950.0	6.2	27.2	NM	NM	33.0	130.0
7	SVI	250.0	840.0	4.2	17.0	NM	NM	33.5	80.0
8	CER	82.0	900.0	4.9	12.3	NM	NM	25.0	100.0
9	BLM	139.0	1130.0	8.2	35.8	9.7	27.5	35.5	110.0

Závěr

Povodí horní Blanice je důležitou, částečně zvláště chráněnou oblastí díky vysoké biologické rozmanitosti a ochraně populace perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*), která je na Červeném seznamu IUCN. V povodí horní Blanice lze kvalitu vody považovat za relativně dobrou. Stále však existují některé faktory, které negativně ovlivňují kvalitu vody: 1) Podpovrchové meliorace, které způsobují vyšší koncentrace TP, Fe a konduktivity. 2) Skládka komunálního odpadu TKO Libínské sedlo, kde u odtoku byly zjištěny vyšší koncentrace Cl⁻, bazických kationtů, N-NH₄⁺. 3) Výskyt rašeliníšť v horních částech povodí, která způsobují vyšší koncentrace CHSK_{Mn}, TP, nižší hodnoty pH spolu s vyššími koncentracemi Al a Fe. 4) Silné srážkové události způsobují vyšší uvolňování Al, CHSK_{Mn}, DOC a TP. Budoucí studie zaměřené na změny v parametrech jakosti vody během různých srážko-odtokových událostí jsou potřebné k pochopení hlavních zdrojů vyplavování těchto látek a k návrhu vhodných opatření a strategií na ochranu kvality vody v tomto zranitelném ekosystému.

Poděkování

Tento výzkum byl realizován v rámci Grantové agentury UK (projekt „Změny biogeochemismu vodních toků v pramenných oblastech“, č. 1408618), projektů GAČR „Časová a prostorová dynamika hydrometeorologických extrémů v horských oblastech“ č. 19-05011S a TAČR „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“ č. SS02030040.

Zdroje

ČGS (2016). GEOMON data. Česká geologická služba, Praha.

Povodí Vltavy, s.p. (2020). Data fyzikálně-chemických parametrů. Povodí Vltavy, s.p., Praha.

River restoration measures and assessment of restoration effects

Milada MATOUSKOVA, Zdenek KLIMENT, Katerina FRAINDOVA, Miroslav SOBR, Jana HUJSLOVA, Barbora NOVAKOVA

Charles University, Faculty of Science, Department of Physical Geography and Geoecology, email: milada.matouskova@natur.cuni.cz

Introduction

River restoration can be understood as an effort to stimulate the natural or near natural development of watercourses, which is related to hydromorphology, fluvial dynamics, surface water quality, flora and fauna composition and optimal landuse in the riparian and floodplain zone. Our research is focused on the assessment of applied stream restoration measures, on the further development of the restored channel and assessment of restoration effects. Main attention was paid to fluvial dynamics, hydromorphology, surface water quality and vegetation in the riparian belt.

Methods and data sources

Two approaches were used to evaluate the hydromorphological elements of the ecological status as required by the WFD: EcoRivHab method (Matoušková, 2008a, 2008b); and HEM - Hydroecological monitoring (Langhammer, Hartvich 2014). Both methods are based on a field survey. Water levels have been continually monitored using automatic gauging station since 2006. Geochemistry of surface water evaluated using following indicators: COD_{Mn}, O₂, BOD₅, dissolved substances and undissolved substances, conductivity, N-NH₄, N-NO₃, and total phosphorus. Hydrobiological survey was done based on macroinvertebrates sampling. As the basic geodetic method, we can consider the repeated field measurement of twelve cross-section profiles using the Leica total station 705 TCR. Images of the restored reaches were taken using a low-flying model plane. Changes in the channel route in the period between 1843 and 2005 have been studied separately based on an analysis of the old maps and aerial images.

Model study basins

Our study presents ecohydrological survey of a restored stream of the Svinovický Brook. But the experimental study area includes also other small non-restored catchments of the Zbytínský Brook and Tetrivci Brook in the Blanice River head water area, Bohemian Forest region in Southern Bohemia. The middle and lower course of the Svinovický Brook was restored along in the length of 1.1 km in 2005. The concreted fortification of the bed was removed, but channel route was largely preserved. The studied locality of the Svinovický Brook in the upper Blanice River basin is important in terms of European protected areas given that it reaches into the Blanice National Natural Park with the most abundant occurrence of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in Central Europe.

Results

In terms of hydromorphological characteristics of the stream bed, the original condition after the restoration undoubtedly improved, which is given by increased diversity of the physical habitat of the channel. Assessment of hydromorphologic status by section is shown in Figure. 1. The stabilizing function of the bed has been gradually assumed by bank and riparian vegetation. The largest changes to the revitalized channel occurred during the floods in July 2006. The flood caused changes in depth reaching more than 30 cm and in width reaching up to 1 metre, thus creating new conditions for further development of the channel. No rather marked differences of water quality based on geochemical indicators were found between the restored basin and other non-restored experimental basins. The restored stream shows high COD, values (class V) and P_{tot} values (class III) and slightly increased N-NO₃⁻ (class II) according to the Czech Standard Norm CSN757221. Macroinvertebrate's investigation didn't provided evidence of an improved ecological status of the stream. The species composition of changed after the restoration but was only slightly different from the species community of other non-restored reaches.

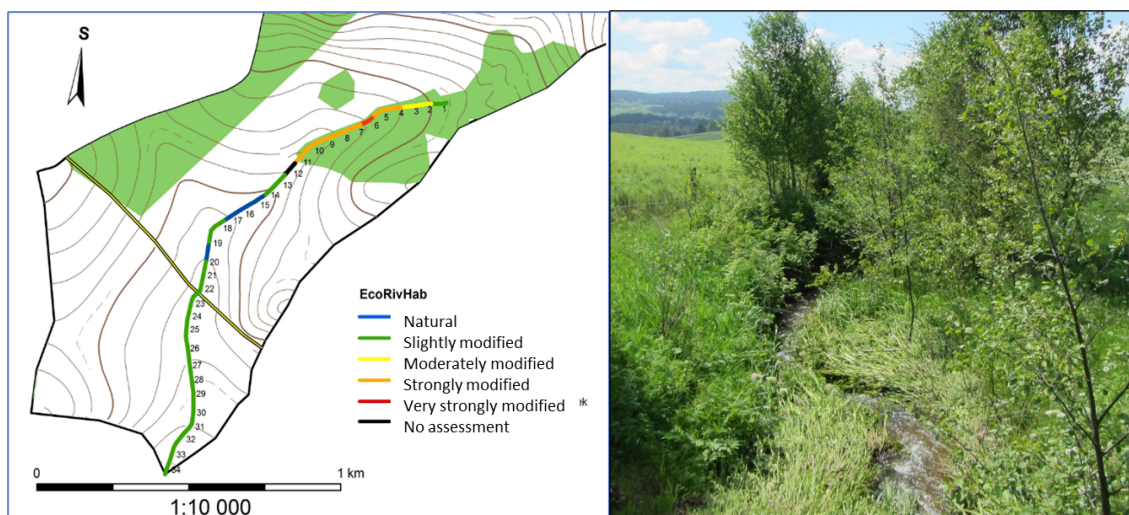


Fig. 1. a) Hydromorphological condition of the Svinovický Brook using EcoRivHab method, b) near-natural upper course SVII2 of the restored channel in spring 2016 (Photo: M. Matoušková)

Conclusions

The underlying hypothesis that the implementation of the proposed restoration measures implies a demonstrable improvement in the state of the hydromorphological components and the achievement of good water body status from the hydromorphological point of view. Since the restoration was carried out, the restored channel has displayed relatively large dynamics consisting of channel deepening which reached gentle to medium levels, subsequent slope erosion, and widening of the channel in the bends. The diversity of the physical habitat increased after the restoration which positively influenced the biological components. The macroinvertebrates community recovered quickly but the species composition and abundance was rather more similar to non-restored channels. The water quality of the restored stream is also similar to other experimental catchments in the study area. The highest concentrations were recorded for the following parameters: COD, conductivity, P_{tot} and N-NO₃⁻. These substances originate from non-point and diffuse pollution sources. Their reduction could be achieved by more comprehensive restoration, both in longitudinal and cross-section profile, including creating functional riparian belts with an optimum variety of bushes and woody plants, solving the drainage mouth, and eliminating cattle farming in the close vicinity of the channel.

The restoration result can be positive evaluated from the point of view of the instant increase in the physical habitat diversity and morphological variability but from the other side negatively because of relative high erosion and accumulation processes in the first period after the restoration.

Literature:

- Matoušková, M. (2008a). Assessment of the river habitat quality within European Water Framework Directive: Application to different catchments in Czechia. *Geografie* 113 (3), s. 223–236.
- Matoušková, M. (2008b). Metoda ekomorfológického hodnocení kvality habitatu vodních toků EcoRivHab. In: Matoušková, M. (ed.): *Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice*. PřF Univerzity Karlovy v Praze, Praha, pp. 43–65.
- Langhammer, J., Hartvich, F. (2014). *HEM 2014 – Metodika typově specifického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků*. PřF Univerzita Karlova, Praha. 72 p.

Exponovanost obyvatelstva Česka vůči hydrometeorologickým rizikům

Vojtěch SVOBODA¹, Martin PECHA², Ondřej LEDVINKA³

^{1,2} Český hydrometeorologický ústav, Oddělení povrchových vod, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Česko, email: vojtech.svoboda@chmi.cz, martin.pecha@chmi.cz, ³ Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrofondu a bilancí, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Česko, email: ondrej.ledvinka@chmi.cz

Abstrakt

Ačkoliv odvětví hydrologie, známé jako sociohydrologie, je ve světě relativně rozšířeným pojmem, v Česku zatím pro tento výzkum nebyl potenciál zcela naplněn. Důvody mohou být mnohé, ale tím nejzásadnějším je zcela jistě nesystematický sběr socioekonomických dat, se kterými se v minulosti v hydrologii nepočítalo. Dnes je však již nadmíru jasné, že odhad pravděpodobnosti výskytu extrémního hydrometeorologického jevu o dané velikosti a frekvenci bez uvažování jeho možného vlivu na společnost a její majetek se mívá účinkem, a to zejména v oblasti vydávání výstrah. Proto jedním z úkolů právě probíhajícího grantového projektu je za využití dostupných socioekonomických dat, poskytujících informaci o pohybu či migraci obyvatel, určit míru exponovanosti společnosti vůči hydrometeorologickým extrémům, při kombinování vytěžování těchto dat s informací získanou z klasických hydrologických dat (srážky, průtoky). Studium se zaměřuje na typické sezonní a denní cykly, přičemž přítomnost obyvatelstva v místě, kde v určité době hrozí zároveň s velkou pravděpodobností i výskyt extrému, je považována za zásadní pro vydání či přitvrzení výstrahy. Přes nedostatky týkající se hlavně kvality a dostupnosti socioekonomických dat, byl vytipován další směr výzkumu, kdy se předpokládá zlepšení situace díky tendenci k otevírání dat apod.

Úvod

Český hydrometeorologický ústav je zákonem č. 254/2001 Sb. pověřen zajištěním výkonu předpovědní povodňové služby prostřednictvím distribuce výstrah a dalších informací pro povodňové orgány, integrovaný záchranný systém a další účastníky systému ochrany před povodněmi. Světová meteorologická organizace přijala a podporuje koncept tzv. „impact-based warnings“, tedy výstražných informací, které zohledňují potenciální dopad na uživatele, nikoliv pouze intenzitu jevu. Výstražné informace musí zahrnovat jak očekávanou intenzitu jevu, tak míru potenciálních dopadů na společnost, vyjádřené celkovým rizikem dané události. Vyjádření míry potenciálních dopadů hydrometeorologických rizik na společnost a začlenění těchto informací do tvorby a vydávání výstrah je jedním z cílů aktuálně řešeného projektu „Hydrometeorologická rizika v České republice – změny rizik a zlepšení jejich predikcí“ (VI20192021166) v rámci „Programu bezpečnostního výzkumu České republiky 2015–2022“.

Metodika a výsledky

Cílem je na vybraných tocích (v jednotlivých povodích) v Česku vytvořit scénáře exponovanosti a zranitelnosti společnosti. Tyto scénáře mají za úkol zejména upozornit na zvýšenou pravděpodobnost výskytu povodně v čase zvýšené expozice a zranitelnosti obyvatel, a pomoci tak při rozhodování o vydávání výstražných informací.

Z dostupných pozorovaných dat a publikovaných výstupů byly odvozeny charakteristické sezonní a denní cykly hydrologických extrémů (srážek a průtoků) na území Česka. Z množství socioekonomických datových zdrojů pak byla analyzována možná exponovanost obyvatel vůči těmto extrémům v sezonním a denním měřítku. Pozornost byla zaměřena především na městské prostředí, na příkladu hl. m. Prahy, a dále na vybrané turisticky významné lokality a vodácký nebo lyžařský oblíbené destinace.

Sezonní cykly

Z pohledu sezonního cyklu povodní panuje na území Česka značná prostorová proměnlivost, kterou je nezbytné zohledňovat při hodnocení potenciálních dopadů na společnost. Přehled rozdílnosti povodňových režimů vybraných toků z pohledu jednoduchého dělení na povodně letního a zimního typu uvádí např. Brázdil et al. (2005). Pro účely vytvoření scénářů zohledňující sezonnost povodní je však nutné uvažovat podrobnější rozlišení povodní, např. takové, které navrhuje Elleder (2016).

Vyhodnocení získaných socioekonomických dat provázela řada nepříjemností, počínaje různými metodikami sběru těchto dat, pokračující přes velké množství chybějících údajů, různá časová okna sběru dat a časové rozlišení získaných dat, a konče specifickým zkrácením veškerých dat za rok 2020. Z tohoto důvodu je nutno brát vytvářené scénáře velmi orientačně.

Jako pilotní posloužilo povodí Sázavy. Podle všech dostupných materiálů se zde nejčastěji vyskytují zimní povodně v jarním období, zejm. v březnu, a následuje podružné maximum během letního období do začátku srpna, kdy se vyskytují povodně regionálního rozsahu, případně přívalové. V tomto období budou nejvíce rizikové například červencové svátky, kdy se na Sázavu vypraví na prodloužený víkend velké množství vodáků. Velmi rizikové však mohou být všechny letní víkendy, kdy je ze sebraných dat o návštěvnosti z informačních center měst Příbrav a Světlá nad Sázavou patrné nejvyšší zatížení v obou městech.

Denní cykly

Z pohledu rizika v průběhu dne jsou potenciálně nejnebezpečnější přívalové povodně. Tento typ povodní se v Česku vyskytuje zpravidla v letní polovině roku od dubna do října, několik případů v historii se však vyskytlo ještě i v listopadu. Pro vznik povodní letního typu je kromě úhrnu příčinných srážek rozhodující jejich časoprostorové rozložení, a to zejména ve vztahu k nasycenosti povodí. Denní chod maximálních letních úhrnů srážek závisí na době akumulace srážek, kdy s rostoucí dobou akumulace se koncentrace událostí posouvá k večerním a nočním hodinám se středem kolem 18:00 UTC (Bližňák et al., 2018). Při uvažování doby dotoku tak přívalové povodně hrozí v řádu minut až hodin po srážkové události, což připadá na období večera a noci či časných ranních hodin, kdy je obyvatelstvo nejzranitelnější.

Socioekonomická data v subdenním časovém rozlišení jsou v současné době pro podrobný rozbor exponovanosti a zranitelnosti obyvatel nedostatečná. V průběhu dosavadního výzkumu bylo zjištěno, že jedna z mála využitelných datových sad vychází z předběžného průzkumu dat mobilních operátorů a umožňuje poměrně dobře analyzovat denní cyklus pohybu obyvatel na území hl. m. Prahy v průběhu typického pracovního dne v měřítku základních sídelních jednotek.

Závěr

Projekt jako celek probíhá od roku 2019 do konce roku 2021 a jeho výsledky budou zveřejněny v roce 2022. Snahou je vytvoření scénářů pro co největší počet vodních toků či povodí v Česku. Vzhledem k nedostatečným datovým zdrojům a spolehlivosti získaných dat je však nutné brát aktuální výsledky zatím s rezervou. V budoucnu bude jistě vhodné na vytváření scénářů pokračovat. Nabízí se možnost využít další a spolehlivější datové zdroje, například data mobilních operátorů reprezentující celé území Česka. Nejprve je ale nutná lepší dostupnost takových (předzpracovaných) dat, která doposud ani v příkladové Praze není pro potřeby projektu zcela uspokojivá, neboť projekt Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy zpracovávající podrobná data mobilních operátorů v současné době stále probíhá a jeho oficiální výsledky budou k dispozici teprve v nadcházejícím období.

Poděkování

Projekt je finančně podporován grantem Ministerstva vnitra České republiky (VI20192021166). Autoři dále děkují všem ochotným poskytovatelům dat, z nichž z důvodu nedostatku místa jmenují alespoň Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy.

Zdroje

Bližňák, V., Kašpar, M., Müller, M. (2018). Radar-based summer precipitation climatology of the Czech Republic, In: *International Journal of Climatology*, číslo 38, s. 677–691.

Brázdil, R., Dobrovolný, P., Elleder, L., Kakos, V., Kotyza, O., Květoň, V., Macková, J., Müller, M., Štekl, J., Tolaz, R., Valášek, H. (2005). Historické a současné povodně v České republice, Brno, Praha: Masarykova univerzita v Brně, Český hydrometeorologický ústav, 370 s. Historie počasí a podnebí v českých zemích, sv. 7. ISBN 978-80-210-3864-0.

Elleder, L. (2016). Proxydata v hydrologii: řada pražských povodňových kulminací 1118-1825, Praha: Český hydrometeorologický ústav, 106 s. ISBN 978-80-87577-44-8.

K potrebe zmeny smerovania obsahu a rozsahu vzdelávania v hydrológii v SR

Ján SZOLGAY

Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, email: jan.szolgay@stuba.sk

Úvod

Rozmach vodného hospodárstva umožnil v minulosti najmä v tzv. priemyselných krajinách dosiahnuť vysoký stupeň zásobovania obyvateľstva, priemyslu a poľnohospodárstva vodou, podiel hydroenergetiky na výrobe elektrickej energie, rozvoj vodnej dopravy a slušnú úroveň ochrany obyvateľstva pred extrémnymi hydrologickými situáciami. Vedomostný aparát hydrológie a s ním spojené smerovanie výchovy hydrológov sa prirodzene vyvíjali smerom k plneniu spoločenskej objednávky.

Spoločenské okrajové podmienky pre smerovanie výskumu a výchovy hydrológov

Dnes je už neodškriepiteľné, že sa posun spoločenských priorít k uvedomovaniu si širších súvislostí v rámci paradigmy trvalo udržateľného rozvoja stal aj jedným z riadiacich mechanizmov ďalšieho rozvoja. Postupne sa menia aj základné ciele hospodárenia s vodou a darí sa ich politicky podporovať globálnymi, európskymi a aj lokálnymi iniciatívami. Do vodnej politiky sa postupne integrujú voči vodným zdrojom pohľady špecialistov z inžinierskych, biologických, ekonomických, sociologických, a aj etických disciplín. Deje sa tak participatívne za účasti vlád, mimovládnych organizácií a verejnosti, čo je ďalším prejavom odklonu od direktívneho k integrovanému prístupu v hospodárení s vodou. Hroziace dôsledky zmeny klímy, ako aj možnosť vzniku konfliktov spôsobených nedostatkom vodných zdrojov, zvyšujúci sa počet extrémnych javov, a pod. sa tiež zaradili medzi priority. Tieto faktory budú preto prirodzene budú musieť determinovať aj smerovanie výchovy hydrológov a vodohospodárov (napr. Seibert et al., 2013, Ruddel a Wagener, 2015, Szolgay, 2002a,b).

Medzinárodné tlaky na rozvoj vzdelávania a výskumu v hydrológii

V medzinárodnom meradle sa zlepšila finančná podpora hydrológie, posilnilo sa využívanie metód diaľkového prieskumu, rozvinul sa experimentálny výskum, vykonal sa rad veľkorozmerných medzinárodných experimentov a následne nastal pokrok aj v rozvoji procesne orientovanej hydrológie. Odrazilo sa to aj vo vzrastajúcom počte a význame medzinárodných vedeckých časopisov. Pri Európskej geofyzikálnej únii sa etablovala silná hydrologická sekcia (Szolgay, 2000, 2002b).

V európskom priestore je potrebné prirátavať aj priority vyplývajúce z Európskou komisiou deklarovanej požiadavky tvorby vedomostne založenej európskej spoločnosti a posilnenia európskeho výskumného priestoru. Plánovité zavádzanie stimulov otvorenosti a mobility vo výchove, výskume a inovácii výrazne zvyšuje selekčné tlaky na malé krajiny. Medzi ďalšie okrajové podmienky treba zaradiť aj potrebu celoživotného vzdelávania a dopĺňania rýchlo zastarávaných vedomostí a informatizáciu vzdelávania aj v hydrológii (napr. Merwade a Ruddell, 2012, Szolgay et al. 2002a).

K potrebe diskutovať o obsahu vzdelávania hydrológov v našom priestore

Hydrologická komunita reagovala aj nedávnej minulosti na fakt, že vyrovnávať sa s problémami interakcie medzi živou prírodou, ľudskou činnosťou a kolobehom vody v nestacionárnom, premenlivom prostredí si v budúcnosti bude žiadať doplniť existujúce vedomosti o kauzálne javov spojených s kolobehom vody v prírode a spoločnosti (napr. McClain et al. 2012, Seibert et al., 2013, Wagener, et al, 2007). Je zrejmé, že v súvislosti s tým bude potrebné posúdiť aj úroveň a rozvojové priority vedných odborov spojených s vodou, ako aj obsah, smerovanie a formy výchovy odborníkov pôsobiacich vo sfére hydrológie a vodného hospodárstva (napr. Seibert et al., 2013, Ruddel a Wagener, 2015).

Nový význam iste nadobudnú tzv. mäkké faktory vo vzdelaní ktoré sú potrebné pre zvládanie disciplíny socio-hydrológie: analytické myslenie, súvzťažné chápanie dejov, problémovo a nie sektorovo orientovaný prístup, schopnosť analyzovať a riešiť problémy, komunikačná schopnosť v interdisciplinárnom a multikulturálnom kolektíve (napr. Owens et al., 2020). Chápať zložitosti vlastnej disciplíny a osvojiť si schopnosť komunikovať

a spolupracovať s odborníkmi 'susedných' geovedných a environmentálnych odborov bude zrejme tiež jednou z podmienok úspechu (McClain et al., 2012). Rovnako bude zrejme dôležité zdokonaľiť si schopnosť komunikovať s rozhodovacou a hospodárskou sférou v spoločnosti, aby si budúci hydroológovia lepšie vedeli komunikovať záujmy svojich vedných odborov (napr. Szolgay, 2002a).

Záver

Hydroológovia u nás tradične pochádzali z rôznych disciplín, akými sú vodné staviteľstvo, geografia, hydrogeológia, geológia, meteorológia a pod. Pod vplyvom uvedeného rozvoja vzniká preto aj tlak na silnejšie etablovanie sa hydrologie na univerzitách v našom priestore. Vo svete vznikajú medzinárodné siete univerzít, pre vzdelávanie, rastie ponuka kurzov pre študentov a celoživotné vzdelávanie, na Internete sa množia možnosti diaľkového štúdia vybraných tém z problematiky vody (napr. Seibert et al., (2013) Wagener, et al., 2012).

Postupné narastanie obsahu vedomostí z hydrologie v našich univerzitných kurzoch bude musieť postupovať interdisciplinárne s rešpektovaním rastúcej vedomostnej základne hydrologických vied. Internacionalizácia a globalizácia vedeckej práce a vzdelávania v hydrologii vedie k tomu, že tieto sa vedomosti aj pod vplyvom informačných technológií začínajú radikálne meniť (Seibert et al., 2013). Medzinárodná evaluácia kvality výučby sa stane normou aj u nás, lebo rozhodovacia sféra snaží medzinárodne zjednocovať kvalitu výučby. V tejto súvislosti nás čaká vo vzdelávaní hydroológov rad výziev a s nimi úloha zapojiť sa do vývoja európskych modulov a ponúknuť tak naše programy atraktívne pre takúto integráciu. Z toho plynie aj potreba výraznejšej špecializácie sa na vybrané problémy hydrologie, v ktorých môžeme dosahovať medzinárodne významnú úroveň.

Zdroje

McClain, ME, Chicharo, L., Fohrer, N., Gaviño, NM, Windhorst, W., Zalewski, M. (2012). Training hydrologists to be ecohydrologists and play a leading role in environmental problem solving, HESS, 16, s. 1685–1696.

Merwade, V., Ruddell, B. L. (2012). Moving university hydrology education forward with community-based geoinformatics, data and modeling resources. HESS, 16, s. 2393–2404.

Owens, DC, Pettitt, DN, Lally, D., Forbes, CT (2020). Cultivating Water Literacy in STEM Education: Undergraduates' Socio-Scientific Reasoning about Socio-Hydrologic Issues, Water 12, 2857.

Ruddel, BL, Wagener, T. (2015). Grand Challenges for Hydrology Education in the 21st Century, J. Hydrol. Eng., 20, A4014001-1 - A4014001-8.

Seibert, J., Uhlenbrook, S., Wagener, T. (2013). Preface "Hydrology education in a changing world", HESS, 17, s. 1393–1399.

Szolgay, J., (2000). Súčasná požiadavka na výchovu hydroológov a vodohospodárov. In: Hladný, J. et al. eds.: Nové podnety a vize pro příští století. Zborník z konferencie Hydrologické dny 2000, ČHMÚ.

Szolgay, J., Šoltész, A., Dušička, P., Rusnák, D. (2002a). Globálne zmeny v poznaní a vzdelávaní vo vodnom hospodárstve a vodnom staviteľstve, Zborník SvF STU, Bratislava.

Szolgay, J. (2002b). K smerovaniu výchovy hydroológov, Zborník z konferencie „100. výročie narodenia akademika Duba“, SHMÚ Bratislava.

Wagener, T., Weiler, M., McGlynn, B., Gooseff, M., Meixner, T., Marshall Lucy et al (2007). Taking the pulse of hydrology education. *Hydrol. Process.*, Vol. 21, s. 1789–1792.

Wagener, T., Weiler, M., McGlynn, B., Gooseff, M., Meixner, T. et al (2012). It takes a community to raise a hydrologist: the Modular Curriculum for Hydrologic Advancement (MOCHA). HESS, 16, 3405–341.

Stabilní izotopy vodíku a kyslíku v hydrologické praxi

Martin ŠANDA

ČVUT v Praze, F. stavební, email: martin.sanda@fsv.cvut.cz

Úvod

Rozvoj moderních analytických metod a pokles jejich ceny (pořizovací i provozní), jakož i snížení náročnosti obsluhy umožňuje v posledních dekádách řadu dříve rutinně neprováděných analýz v mnoha oborech vědy a praxe včetně hydrologie. Kromě stanovování obsahu látek v substanci (např. obsah iontů či organických látek ve vodě) lze nyní běžně analyzovat i obsah různých izotopů. Izotopové metody ve forenzní praxi se v posledních 10–20 let rozšířily do řady odvětví, nejen experimentální hydrologie nebo sledování vývoje klimatu, ale i kriminalistiky, nebo kontroly potravinářských výrobků. Tyto metody dnes běžně používají i kontrolní orgány v ČR. Sledování stabilních izotopů vyskytujících se v molekule vody (izotopy kyslíku a vodíku) ve srážkách, odtoku v řekách a v podzemní vodě, patří v mnoha zemích k rutinní praxi již po 2 dekády (např. Rakousko, Německo, Švýcarsko). Další evropské země potřebu sledování těchto základních izotopů ve vodě též pochopily a své sítě sběru srážek a povrchových vod pro izotopové složení nyní budují (např. Slovinsko, Španělsko, Moldávie, Finsko, Estonsko, Francie, Portugalsko, Rumunsko, Maďarsko). V ČR se státní správa snaží získávat potřebné informace o vodách kvantitativními a kvalitativními metodami, které tvoří vítaný a nutný základ pro izotopovou nadstavbu. Zároveň tyto organizace mají potřebný personál hydrometeorologických stanic a provádí sběr vzorků povrchových a podzemních vod a potřebné laboratorní zázemí. Dodatečné investice do přístrojového vybavení jsou tak relativně malou položkou v celém procesu. V ČR jsou doposud jedinými pravidelnými stanicemi izotopového složení srážek ve vědecké síti GNIP (MAAE) Praha a Jizerské hory (obě spoluprovázané autorem) (IAEA, 2020). Experimentálně na krátkodobém grantovém základě se kromě ČVUT v Praze zabývá sběrem nebo i analýzou stabilních izotopů např. ČGS, VÚMOP v.v.i. nebo AV ČR, ÚH.

Tento příspěvek přináší ukázkou z vinařské praxe v regionu jižní Moravy k získání přehledu izotopového složení možné zvlahové vody mající vliv na izotopové složení hroznů révy vinné, jež je rutinně kontrolována pro regionální původ vín. S postupně se oteplujícím klimatem jižní Moravy totiž stále více vinohradníků přistupuje k zavlažování vinohradů. Obecným jevem jak pro srážky, tak vodu povrchovou a v menší míře i půdní a podzemní je sezónní variabilita. Koncentrace stabilních izotopů O a H vod analogicky kopíruje průběh teplot během roku. Jelikož je zvláště podzemní voda smíšená ze srážek ze všech ročních období, často mnoha let i desetiletí, má blízkou izotopovou koncentraci té dlouhodobě průměrné ve srážkách (Šanda et al., 2019). Izotopová sezónní rozkolísanost povrchových toků je tak menší než je ve srážkách a izotopová minima a maxima jsou zpravidla posunutá za srážkovými v čase. Vzájemný poměr izotopů O a H je ve srážce téměř konstantní lze jej proložit, tzv. lokální meteorickou čarou vody, nepatrně odlišnou od empiricky stanovené globální meteorické čáry vody (Craig, 1961). Pokud se voda začne volně vypařovat (z půdního povrchu, řeky, nádrže nebo i z plodů) výsledné body se dostávají pod tuto čáru.

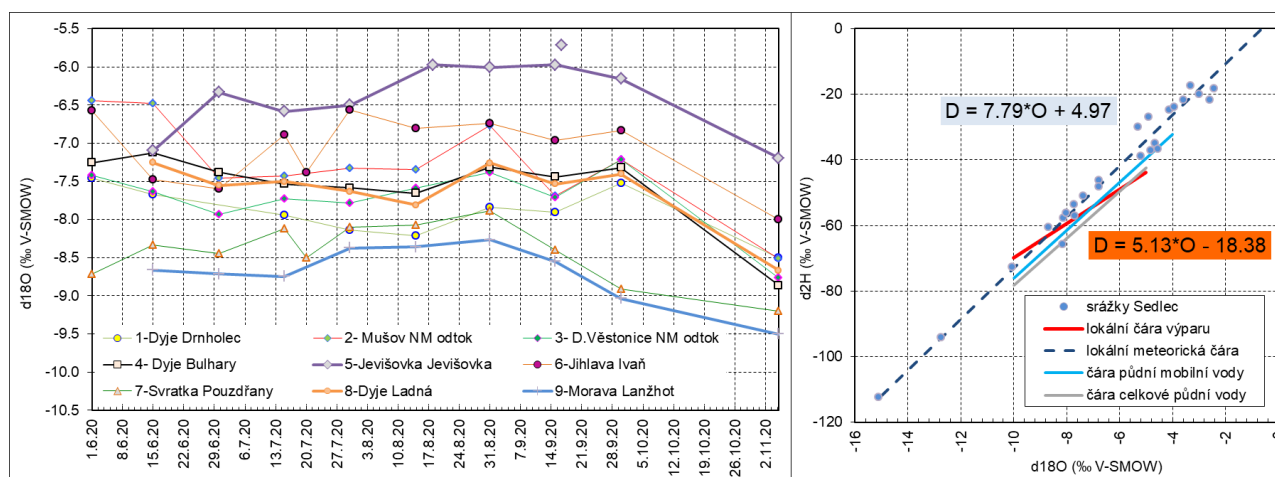
Metodika

V současnosti ani zpětně není možné použít žádná státem pořizovaná izotopově hydrologická data z České republiky a s omezenou platností lze právě využít data zahraniční. V blízkém zahraničí této studie je to stanice Vídeň (MAAE), Zistersdorf, Ottenstein im Waldviertel pro stanice srážkové a např. Drasenhofen pro podzemní vodu nebo Angern an der March pro vodu v řece Moravě (H₂O Fachdatenbank, 2020 a Wasserisotopenkarte Oesterreichs 2020). Z důvodu chybějících dat stabilních izotopů kyslíku a vodíku v povrchových tocích, srážkách a půdní vodě nejen v tomto regionu ČR bylo přistoupeno k odběrné kampani během vegetačního období 2020, kdy jsou pravidelně sbírány srážky v oblasti Mikulova, voda z řek a nádrží v jihomoravském regionu a půdní voda v lokalitě Sedlec u Mikulova.

Výsledky

Voda odtékající z horských poloh (Morava pramenící v Jeseníkách s přítokem Bečvy z Beskyd) je izotopově lehčí než např. voda odtékající Jevišovkou (regionální tok pramenící v teplém klimatu). Na řece Dyji je znatelný vliv v soustavě Novomlýnských nádrží, jež svou rozlehlostí a především malou mocností vodního sloupce podporuje procesy výparu a tím i izotopové zahuštění vody. Vodou lehčí je Svratka, přitékající z chladnějších poloh Vysočiny.

Řeka Jihlava, též pramenící v prostředí Vysočiny však přináší do soustavy vodu poměrně izotopově těžkou, jelikož její tok v komplexu VD Dalešice a VD Mohelno slouží pro provoz JE Dukovany. Zde se voda využívá k chlazení a je intenzivně vypařována v chladicích věžích. Zbytková voda vytékající do VD Mohelno je potom podstatně zahuštěna o těžší izotopy O a H (Skryjský potok 21.7.2020: $\delta^{18}\text{O} = -2.32\text{‰}$ a $\delta^2\text{H} = -23.0\text{‰}$) a tak Jihlava tvoří po Jevišovce druhou izotopově nejtěžší vodu v regionu (obr. 1). V budoucnu při očekávaném nedostatku vody se můžeme setkat i s úvahou zavlažovat vodou z Dunaje, izotopově velmi lehkou z velehor Alp (roční průměry mezi $\delta^{18}\text{O} = -12.0\text{‰}$ až -10.5‰) (Rank et al., 2014). Ze vzájemného porovnání koncentrace molekul s těžšími izotopy O a H mezi sebou pak můžeme určit i velikost odpaření v daných podmínkách teploty a relativní vlhkosti prostředí. Prezentovaná měření byla provedena formou laserové spektroskopie (Penna et al., 2010) na ČVUT v Praze, F. stavební s typickou přesností směrodatné odchylky 0.6‰ $\delta^2\text{H} = \pm 0.6\text{‰}$ SMOW a $\delta^{18}\text{O} = \pm 0.1\text{‰}$ SMOW.



Obr. 1 Průběh $\delta^{18}\text{O}$ v povrchových tocích v regionu jižní Moravy ve vegetačním období 2020 (vlevo). Průběh $\delta^2\text{H}$ a $\delta^{18}\text{O}$ v řekách (formou lokální čáry výparu), půdní vodě a ve srážkách (ZD Sedlec u Mikulova) (únor až listopad 2020) (vpravo)

Závěr

Dostupná závlaha z místních toků nemusí splňovat kritéria izotopové shody s vodou srážkovou jako primárním zdrojem vody a tak jejich kombinací může vzniknout širší rozmezí výsledných izotopových hodnot produktů. S tímto faktem je nutné počítat při posuzování autentičnosti regionální zemědělské produkce.

Poděkování

Autor děkuje pracovníkům Vinařství Ludwig s.r.o a ZD Sedlec u Mikulova za financování výzkumu a terénním sběr vzorků vody.

Zdroje

Craig, H. (1961). Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science*, 133, 1702-1703. <http://dx.doi.org/10.1126/science.133.3465.1702>.

H2O Fachdatenbank, Teil der WISA Familie. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Cit. 8.2.2020 na adrese <https://wasser.umweltbundesamt.at/h2odb/fivestep/abfrageQdPublic.xhtml>.

IAEA (2020) Global Network of Isotopes in Precipitation. Cit. 8.2.2020 na adrese http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS_resources_isohis.html.

Penna, D., Stenni, B., Šanda, M., Wrede, S., Bogaard, T.A., Gobbi, A., Borga, M.; Fischer, B.M.C., Bonazza, M, Bogaard, T.A., Charova, Z. (2010). On the reproducibility and repeatability of laser absorption spectroscopy measurements for $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopic analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010, 14 (1), s. 1551–1566. ISSN 1027-5606.

Rank, D., Wyhlidal, S., Schott, K., Jung, M., Heiss, G., Tudor, M. (2014). A 50 Years' Isotope Record of the Danube River Water and Its Relevance for Hydrological, Climatological and Environmental Research. *Acta zool. bulg.*, Suppl. 7, 2014: s. 109–115.

Šanda, M., Vitvar, T., Jankovec, J. (2019). Seasonal subsurface water contributions to baseflow in the mountainous Uhlířská catchment (Czech Republic) *Journal of Hydrology and Hydromechanics.*, 67(1), 41-48. ISSN 0042-790X.10.2478/johh-2018-0018.

Wasserisotopenkarte Oesterreichs (2020). Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Cit. 8.2.2020 na adrese <https://secure.umweltbundesamt.at/webgis-portal/isotopen/map.xhtml>.

Dopad odběrů vody pro účely technického zasněžování na toky v Krkonoších

Pavel TREML

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Česká republika, email: pavel.treml@vuv.cz

Úvod

Príspevek se zabývá dopadem technického zasněžování na změnu hydrologické bilance, vodní toky a možnou vzájemnou interakcí mezi odběry vody z toků a znečištěním přírodního prostředí, resp. znečištěním toků v důsledku technického zasněžování.

Príspevek vznikl na základě výsledků projektu s názvem „Podpora dlouhodobého plánování v oblasti vodního hospodářství na území Krkonošského národního parku s důrazem na řešení problematiky vlivu technického zasněžování na pokles průtoků s cílem zvýšit dlouhodobou efektivitu ochrany přírody a krajiny“. V rámci projektu byl sledován dopad technického zasněžování na změnu průtoků, kvalitu vody v tocích i na sjezdovkách. Byly měřeny fyzikální parametry sněhu a porovnávány půdní vlastnosti (např. teplota a vlhkost půdy) na sjezdovce a mimo ni. Aplikovanými výstupy projektu jsou mapa dopadů technického zasněžování, metodika řešení odběrů vody pro účely technického zasněžování a software pro modelování dopadů technického zasněžování.

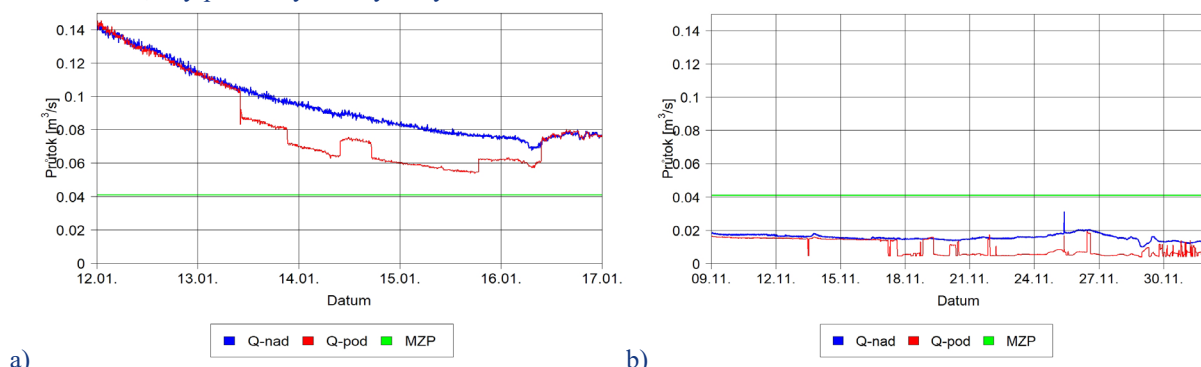
Dopad technického zasněžování na průtoky toků

Dopad technického zasněžování na průtoky toků byl sledován na 22 profilech celého území Krkonoš. Experimentální povodí byla vybrána tak, aby jednotlivá povodí zahrnovala různá fyzicko-geografická území, území blízká přírodě i více antropogenně ovlivněná. Experimentální povodí se nachází v Rokytnici nad Jizerou, Špindlerově Mlýně, Janských Lázních a Peci pod Sněžkou.

Z pohledu dopadu vlivu odběru vody pro účely technického zasněžování na tok je klíčové, zda se jedná o odběr vody během malých či velkých průtoků a velikost dynamiky tohoto odběru (tj. zda jsou změny způsobené odběry srovnatelné s přirozenou dynamikou toku související s kolísáním hladiny v důsledku srážkových epizod, táním sněhu, apod.).

V případě běžné zimy, kdy se střídají chladnější období s oblevy a dlouhodobě nemrzne (a toky mívají zpravidla dostatek vody – v rámci výzkumu zimy 2017/2018, 2019/2020 a 2020/2021) nebyly zaznamenány významnější dopady na průtoky. Významnější dopady byly zaznamenány pouze na začátku zimy 2018/2019, kdy přetrvávalo hydrologické sucho z podzimu. Na Černoohorském potoce byl zaznamenán případ odběru nad rámec povolených limitů (Obr. 1b.).

Právě období začátku zimy (kdy mohou přetrvávat malé průtoky z podzimního období) a období výraznějších mrazů mohou být z hlediska dopadu technického zasněžování na vodní toky rizikové. V období malých průtoků není žádoucí, aby probíhaly odběry vody.



Obr. 1. Ukázka dopadu technického zasněžování na průtoky v toku (Černoohorský potok - a) dopad za běžné situace - leden 2018; b) dopad na tok v období, kdy byly průtoky pod hranici minimálního zůstatkového průtoku, tzn. období, v němž není povolen odběr vody. Pozn. k obrázkům: Q-nad – průtok naměřený na měrném profilu nad místem odběru vody pro technické zasněžování; Q-pod – průtok naměřený na měrném profilu pod místem odběru vody pro technické zasněžování; MZP – hodnota minimálního zůstatkového průtoku, pod níž se nesmí odebírat voda pro technické zasněžování

Dopad technického zasněžování na znečištění přírodního prostředí, znečištění sněhu a toků

Byla provedena základní chemická analýza na stanovení celkového obsahu dusíku, fosforu, obsahu amoniakálního a dusičnanového dusíku, pH a konduktivity sněhu na sjezdovkách, v přírodním sněhu a povrchové vodě v tocích. Cílem bylo zjistit, zda jsou do prostředí sjezdovek v souvislosti s technickým zasněžováním vnášeny znečišťující látky.

Z provedených rozborů v akreditované laboratoři vyplynulo, že naměřené znečištění vzorků ze sjezdovek bylo minimální, analyzované hodnoty odebraných vzorků byly velmi hluboko pod limity pro pitnou, resp. kojeneckou vodu, znečištění bylo na hraně detekce laboratoře. Jedinou výjimku tvořil odebraný vzorek ze sjezdovky, na níž se jel ve dnech 8. – 9. 3. 2019 světový pohár ve sjezdovém lyžování, kde překročily zjištěné hodnoty obsahu amonických iontů 16ti násobně mezní hodnoty pro pitnou vodu a souvisí s jednorázovým užitím salmiaku k úpravě sjezdovek před závodem.

Rovněž v tocích, z nichž se odebírá voda pro technické zasněžování, byly koncentrace znečišťujících látek velmi malé. Jediné významnější znečištění bylo detekováno na Černém potoce v Rokytnici nad Jizerou a na Bílém potoce v Harrachově.

Závěr

Odběry vody pro technické zasněžování při běžné zimě nepředstavují na středně velkých a velkých tocích při dodržení maximálního povoleného množství odebrané vody pro technické zasněžování zásadní problém. Menší toky jsou s ohledem na možnost výraznějšího kolísání hladiny zranitelnější. V zimní sezoně existují dvě kritická období (začátek zimy a období mrznutí), v nichž se mohou potenciálně častěji vyskytnout nízké průtoky, a s ohledem na jejich výskyt není žádoucí, aby probíhaly odběry vody. Odběry vody pro technické zasněžování mají na vodní tok obdobný vliv jako ostatní odběry vody. Je vhodné tyto odběry posuzovat stejně jako ostatní odběry a brát v potaz i ostatní antropogenní vlivy (vypouštění vod, shrnování sněhu do toku apod.). Z hlediska znečištění vody v tocích, z nichž se odebírá voda pro technické zasněžování, i ze sněhu, nebyly za běžných podmínek naměřeny žádné znepokojivé údaje.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TH02030080 s názvem „Podpora dlouhodobého plánování v oblasti vodního hospodářství na území Krkonošského národního parku s důrazem na řešení problematiky vlivu technického zasněžování na pokles průtoků s cílem zvýšit dlouhodobou efektivitu ochrany přírody a krajiny“, který byl financován Technologickou agenturou České republiky.

Aktualizace rozvodnic základních ploch povodí 4. řádu s využitím DMR5G jako klíčového podkladu při odvozování hydrologických údajů

Radovan TYL, Jana MATULOVÁ

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, Praha 4, Česká republika, email: radovan.tyl@chmi.cz, jana.matulova@chmi.cz

Úvod

Plocha povodí patří podle normy ČSN 75 1400 mezi standardní hydrologické údaje a je nezbytným vstupním údajem při odvozování dalších standardních i nestandardních hydrologických údajů. Přesnost údajů je do značné míry determinována přesností odvození rozvodnic, tedy velikostí plochy daného povodí, resp. podrobností digitálního modelu reliéfu jakožto základního vstupního orografického podkladu.

Digitální model reliéfu 5. generace (DMR5G) byl dokončen na celém území ČR k 30. 6. 2016. Zpřesnění vodních toků ZABAGED pomocí leteckého laserového skenování bylo na celém území ČR hotové v červnu 2019. Využití výškopisu DMR5G a zpřesněného polohopisu vodstva včetně určené topologie vodních toků slouží jako podklad pro aktualizované vymezení rozvodnic základních hydrologických ploch povodí 4. řádu.

Projekt aktualizace rozvodnic nad DMR5G je financován v rámci institucionální podpory dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace a je řešen od roku 2018. Projekt končí v příštím roce, tedy v prosinci 2022.

Současně jsou při aktualizaci rozvodnic zohledňovány a zapracovávány výsledky harmonizace vodních toků řešené v rámci projektu Rozvoj ISVS Voda pod patronací ministerstva zemědělství (MZe), kde je Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) zapojen jako organizace odpovědná za územní identifikaci rozvodnic dle vyhlášky 252/2013 Sb. a na které má výsledek změn ve vrstvách vodních toků zásadní vliv. V rámci projektu probíhá v současné době sjednocení datových sad páteřních vodních toků ZABAGED, CEVT a DIBAVOD.

Metodika

Jako technologie pro aktualizaci rozvodnic byla zvolena platforma ESRI se všemi jejími využitelnými komponentami. V Oracle SDE databázi jsou uložena a prostřednictvím Portálu ArcGIS serveru sdílána veškerá potřebná podkladová data, tedy samotný digitální model reliéfu 5. generace, vodní toky ZABAGED, vodní toky podniků Povodí, data hlavních melioračních zařízení apod. Využívání podkladových dat prostřednictvím SDE databáze a serveru ArcGIS Enterprise zajišťuje aktuálnost a jednotnost dat napříč jednotlivými zpracovateli. Zároveň jsou využívány letecké snímky a základní mapa ČR poskytované jako služby ArcGIS serveru ČUZK.

Oracle databáze SDE, která je součástí ArcGIS Enterprise, umožňuje nad daty v ní uloženými sdílenou editaci, tedy přístup a úpravu všem uživatelům, kteří mají nastavená editační práva. Odpadá potřeba vrstvu rozvodnic rozdělovat na sedm částí s ohledem na územní působnost poboček a po aktualizaci ji zase spojovat dohromady. Editace probíhá nad jednou, celistvou vrstvou. Nad datovou sadou rozvodnic v databázi SDE jsou zároveň nastavena topologická pravidla.

Samotná editace/aktualizace rozvodnic probíhá prostřednictvím 64bitové desktopové aplikace ArcGIS Pro úrovně Advanced na odděleních hydrologie sedmi poboček ČHMÚ, a také v centru na oddělení povrchových vod.

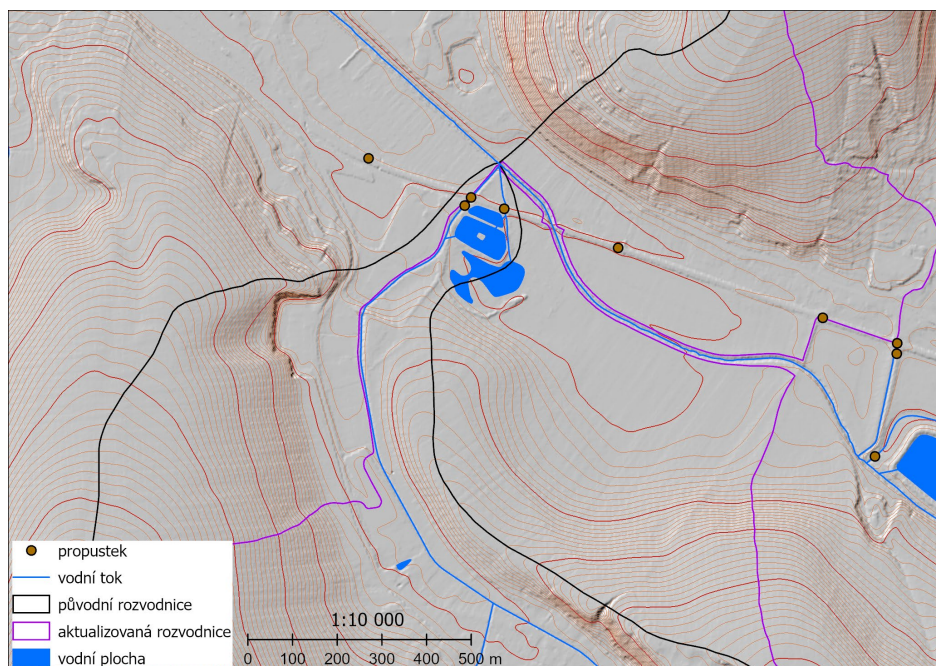
Nezbytným podkladem při editaci rozvodnic je digitální model reliéfu 5. generace a z něj „on the fly“ generované dynamické vrstevnice a stínovaný reliéf. Pro editaci bylo stanoveno referenční měřítko 1:1 000 vzhledem k podrobnosti terénu a současně tak, aby vyhovovalo pro další zpracování odvozených hydrologických údajů. Pro jednotný postup a práci aktualizace datové sady rozvodnic povodí 4. řádu napříč pobočkami byl vytvořen pracovní návod, který byl zveřejněn jako závazný v prostředí řízených dokumentů ČHMÚ.

Některé rovinaté oblasti jsou náročné na určení vedení rozvodnice, proto bylo v oddělení povrchových vod vyvinuto a do ArcGIS Pro zakomponováno rozšíření v podobě toolboxu s názvem *HydroDEM*, které umožňuje si pomocí definování okrajových podmínek (parametrů a vrstev) nechat vygenerovat automatickou rozvodnici. Ta však nerespektuje všechny skutečnosti a topologická pravidla, jako jsou například propustky, které odvádí vodu pod vyvýšenými silnicemi, umělé náhony či mimoúrovňová křížení vodních toků.

Zpracování aktualizace rozvodnic

V průběhu aktualizace jsou dílčí povodí kategorizována do pěti skupin podle míry dokončení a v závislosti na výsledcích harmonizace vodních toků projektu ISVS Voda. Komplikace při aktualizaci se objevují v problematických územích, jako jsou povrchové doly s dynamickými změnami struktur vodních toků, převody vody, zaústění přirozených vodních toků do náhonů, mimoúrovňové křížení vodních toků apod. Taková místa je nutné konzultovat s ostatními organizacemi a dílem řešit v rámci projektu Harmonizace. Jistou míru nejistoty vkládají do aktualizace i podzemní úseky toků.

Na obrázku 1 je uveden příklad vedení původní „staré“ rozvodnice a již aktualizované nad DMR5G.



Obr. 1 Rozdíl vedení původní a aktualizované rozvodnice. Podkladem patrným na obrázku jsou mj. automaticky generované vrstevnice v kroku 1 m, stínovaný reliéf a datová sada vodních toků ZABAGED.

Závěr

Aktualizace datové sady rozvodnic nad digitálním modelem reliéfu 5. generace probíhá od začátku roku 2018, konec se předpokládá v roce 2022. Aktualizované rozvodnice budou sloužit pro zpřesnění hydrologických údajů vydávaných ČHMÚ, a také při odvození katastru *M*-denních průtoků za nové referenční období 1991–2020.

V současné chvíli (únor 2021) bylo zkontrolováno, upraveno či připomínkováno 41 % povodí z celé republiky vč. zahraničních toků. Po skončení podpory dlouhodobého rozvoje se předpokládá, že budou dále probíhat pravidelné aktualizace rozvodnic vzhledem k novým skutečnostem plynoucím z projektu Rozvoj ISVS Voda.

Poděkování

Projekt aktualizace rozvodnic nad DMR5G je financován v rámci institucionální podpory dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace, který skončí v roce 2022.

Brakická voda v NPR Libický luh: Hlubinný zdroj, kontaminace, nebo důsledek ploché hladiny a evapotranspirace lužních lesů?

Tomáš WEISS¹, Jiří BRUTHANS^{1,2}

¹ Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Albertov 6, 128 00 Praha 2, Česko, ² Česká geologická služba, Klárov 3, Praha 1, email: tomas.weiss@natur.cuni.cz, bruthans@natur.cuni.cz

Abstract

V Libickém luhu byly zjištěny překvapivě vysoké hodnoty elektrické vodivosti podzemní vody dosahující až 7,7 mS/cm (cca 4 g/l), které mohou potenciálně ohrožovat vegetaci. Příspěvek se zabývá chemickým složením této vody, srovnáním s podzemní a povrchovou vodou v okolí a diskuzí původu zvýšené mineralizace.

Úvod

Národní přírodní rezervace (NPR) Libický luh, největší souvislý lužní les v Čechách, leží na břehu Labe mezi Poděbrady a Kolínem (AOPK, 2021). Jeho území vznikalo neustálou změnou polohy koryta Labe a občasnými záplavami, a je tak tvořeno nekonsolidovanými nivními sedimenty. V první polovině 19. století však byly tyto přírodní procesy postupně ovlivňovány, a to až do počátku 20. století, kdy bylo koryto Labe kanalizováno (Formanová et al., 2008). Podzemní voda v luhu je mělká (<1 m pod povrchem), a tedy v dosahu kořenů přítomných olší a dubů. Podzemní voda má velmi vysokou konduktivitu (2,5–7,7 mS/cm), což odpovídá dříve publikované zprávě (Blažek et al., 2010) o vysoké mineralizaci v oblasti (>1 g/l). Cílem příspěvku je diskutovat původ této brakické vody, která může představovat potenciální riziko pro lužní les. Za tímto účelem jsme na vybraných místech odebrali vzorky podzemní vody, analyzovali jejich chemické složení, a to porovnali se složením povrchové vody přítékající do Libického luhu z databáze České geologické služby (ČGS).

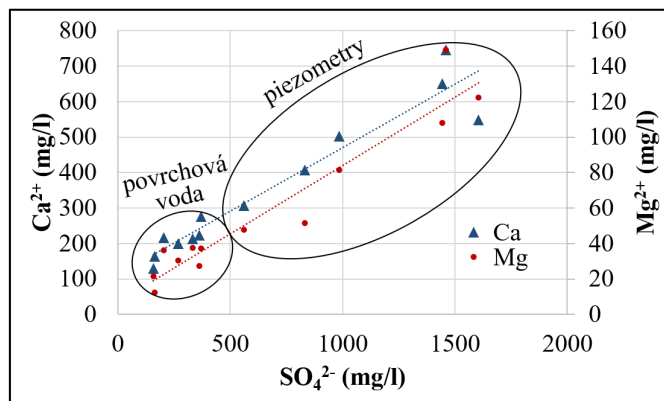
Metodika

Pro měření hloubky hladiny podzemní vody bylo využito 6 piezometrů (vrtů) v depresích obvykle cca 1 m pod okolním povrchem. Piezometry se skládaly z PVC trubice o vnitřním průměru 27 mm a délce 1–1,5 m, které byly za účelem hydraulického kontaktu s okolím perforované ve své spodní části (0–15 cm). Přímou v piezometrech byla měřena elektrická konduktivita a teplota přístrojem Cond 3310 (WTW). Odběr vzorků vzhledem k úzkému průměru trubice piezometrů byl proveden pomocí vakuové pumpy a vzorky byly ihned filtrovány 0,45 μm filtry a uchovány v lahvích Nalgene, vzorky pro kationtovou analýzu byly na místě stabilizovány ultračistou HNO₃. Chemické rozbory vzorků vody byly provedeny Laboratoří geologických útavů Univerzity Karlovy, která využívá titraci a emisní spektrometrii s indukčně vázanou plazmou (ICP OES), atomovou absorpční spektrometrii (AAS) a vysoce účinnou kapalinovou chromatografií (HPLC).

Výsledky a diskuze

Zjištěná zvýšená mineralizace podzemní vody v piezometrech může mít tři možné zdroje: (1) Jde o průniky kyselek z cenomanského kolektoru, (2) jedná se o kontaminaci z umělého zdroje, nebo (3) jde o běžnou povrchovou vodu s mineralizací původně okolo 1 g/l sekundárně nabohacenou evapotranspirací lužního lesa, který kvůli relativnímu nedostatku srážek odpařuje převážně podzemní vodu. V blízkém okolí Libického luhu pronikají do přívodnější kvartérní zvodně minerální vody cenomanu. Složení této minerální vody je ale blízké minerální vodě zachycené v Poděbradech, a tedy zcela jiné, než chemismus vody piezometrů (např. vysoké SO₄²⁻ - viz Tab. 1). Možnost kontaminace z umělého zdroje se jeví jako nepravděpodobná, protože vysoká mineralizace vody byla zjištěna i při severním okraji Libického luhu. Množství kontaminované vody by muselo být obrovské a těžko by uniklo pozornosti. V kvartérní zvodni v nátokové oblasti do Libického luhu mineralizace podzemní vody nepřesahuje výrazněji 1 g/l, což naznačuje že zvýšení mineralizace má původ uvnitř lužního lesa. Vzorky podzemní vody z piezometrů mají vysoké koncentrace většiny analyzovaných iontů, zejména Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Na⁺ a Mg²⁺, významněji nízká je pouze koncentrace K⁺, který má ale tendenci se sorbovat a odebírá ho vegetace (Tab. 1). Většina hlavních iontů má v piezometrech koncentrace několikanásobně přesahující koncentrace v okolních povrchových vodách, ale chemické složení podzemní vody piezometrů odpovídá výparové linii místní povrchové vody (Obr. 1). Nejkoncentrovanější zachycené vody v piezometrech odpovídají nakoncentrování mineralizace původní povrchové vody zhruba 1:4 či 1:5, tedy odpaření 75–80 % z původního objemu vody. Brakické vody v NPR Libický luh jsou tedy zřejmě důsledkem dlouhého suchého období 2015–2019, kdy stromy získávaly především podzemní nikoli srážkovou vodu. Tím vytvářely

depresi v hladině podzemní vody, což vedlo k influkci povrchové vody o původní mineralizaci okolo 1 g/l, která se díky výparu zvýšila na cca 4 g/l. Pokud je tento mechanismus reálný, pak s delším nárůstem teplot, a tím i intenzity výparu a dalšího nakoncentrování podzemní vody, může v budoucnu dojít k ohrožení celého prostoru NPR Libický luh. Nejsnazším a nejrychlejším řešením tohoto stavu je vytvoření co největších rozdílů v hladině mezi jednotlivými vodními kanály NPR, což by donutilo stagnující podzemní vodu proudit mezi kanály, a tedy opouštět i se zvýšenou mineralizací prostor lužního lesa výměnou za přítok níže mineralizované vody z přírodního kanálu.



Obr. 1 Graf koncentrace iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} a SO_4^{2-} v analyzovaných vzorcích.

Tab. 1 Výsledky chemických rozborů vzorků podzemní a povrchové vody – průměry z různých lokalit a časů odběrů. Data povrchové vody ze tří blízkých lokalit jsou převzata z databáze ČGS (2021) – vzorkování v letech 1992 a 2008; cenomanské kyselky jsou zde reprezentovány Poděbradskými vrty BJ 10,11,12,22,23 (Trískala et al., 2019).

	NO_3 (mg/l)	SO_4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Li ($\mu\text{g/l}$)	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Al ($\mu\text{g/l}$)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mn ($\mu\text{g/l}$)	Fe (mg/l)	Sr (mg/l)	Si (mg/l)
Piezometry (n=8)	9	1210	547	11	398	100	30	3	563	3216	3	3	8
Povrchová voda (n=7)	87	266	66	36	41	29	76	15	203	98	0	4	8
Cenomanské kyselky (n=5)	0	73	446	-	610	94	-	62	240	-	8	4	-

Závěr

V NPR Libický luh byla na několika místech zjištěna velmi vysoká mineralizace podzemní vody pohybující se okolo 4 g/l. Kvůli odlišnému složení těchto vod od kyselek zachycených v okolí tak pravděpodobně nejde o průniky z cenomanského kolektoru. Stejně tak je nepravděpodobné, že by šlo o umělou kontaminaci, která by musela být značně rozsáhlá. Nejpříjemnější vysvětlení je tak nakoncentrování povrchové vody evapotranspirací lužního lesa, který vypařuje převážně dostupnou podzemní vodu.

Poděkování

Výzkum byl financován z projektu TAČR (ID SS02030040) *Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku* a interního grantu ÚHIGUG PřF UK *Vodní režim lužních lesů*. Rádi bychom poděkovali Ing. Petře Královcové a Agentuře ochrany přírody a krajiny za spolupráci a poskytnutí informací.

Zdroje

AOPK (2021) Národní přírodní rezervace Libický luh, <https://kokorinsko.ochranaprirody.cz/mzchu/npr-libicky-luh>, navštíveno 25/2/2021.

Blažek, J., Kalenda, F., Lukeš, J., Čech, S., Michele, L., Pavliš, R., Smutek, D. (2010). Režim podzemních vod v okolí Velkého Oseku, Závěrečná zpráva za období 2008/2009, Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o.

Česká geologická služba (2021) Povrchové vody a jejich chemismus. Dostupné z https://mapy.geology.cz/povrchove_vody/.

Formanová, I., Dort, M., Beran, L. (2008). The Libický luh Floodplain National Nature Reserve, In: *Ochrana*, no. 5.

Trískala, Z., Jandová, D., Kolářová, J., Nečasová, D., Šašková, D., Knára, P., Hnátek, J., Mareš, J. (2019). *Medicína přírodních léčivých zdrojů: minerální vody*, Praha, 208 s.

Přípravný výbor konference

Český hydrometeorologický ústav

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.

Ing. Petr Janál, Ph.D.

Mgr. Ondřej Ledvinka, Ph.D.

Mgr. Ivana Černá

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

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

Univerzita Karlova

RNDr. Michal Jeníček, Ph.D.

Povodí Vltavy, státní podnik

Ing. Karel Březina

Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v.v.i.

Ing. Miroslav Tesař, CSc.

Hydrologické dny 2021

IX. národní konference českých a slovenských hydrologů a vodohospodářů
Sborník rozšířených abstraktů

Foto na obálce: Jáchym Brzezina

Vydalo nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha 2021

1. vydání, 88 stran, náklad 100 ks

Vytiskla tiskárna Českého hydrometeorologického ústavu, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany

Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři

ISBN 978-80-7653-019-5

ISBN 978-80-7653-016-4