ZÁSOBY VODY V SNEHOVEJ POKRÝVKE – POTENCIÁLNA POVODŇOVÁ HROZBA

Kateřina Hrušková[1], Daniela Kyselová[1], Danica Lešková[2]

Abstrakt

Vo fyzicko - geografických podmienkach Slovenska, zvlášť v oblastiach, ktoré majú stredohorský a vysokohorský charakter, má sneh a snehová pokrývka veľký klimatický, hydrologický, ekologický, environmentálny ako aj vodohospodársky význam. V týchto miestach sa počas zimného obdobia akumulujú veľké zásoby vody, ktoré sa potom v relatívne krátkom čase uvoľňujú, čím zároveň predstavujú riziko vzniku jarných povodní. Topenie snehu a jeho hydrologická odozva je zložitý proces, pri ktorom hrajú významnú úlohu nielen zásoby vody v snehovej pokrývke, ale aj meteorologické a hydrologické podmienky, ako sú teplota vzduchu, výskyt a intenzita tekutých zrážok, hĺbka premrznutej pôdy, výskyt ľadových javov na tokoch, štruktúra snehovej pokrývky, morfológia územia. Aj keď z rozboru jednotlivých zimných období vyplynulo, že aj pri veľmi vysokých zásobách snehu nemusí dôjsť k vzniku povodňovej situácie, ak sa nevyskytnú podmienky na intenzívne topenie sa snehovej pokrývky, kvalita predpovede jarného odtoku priamo závisí od stanovenia objemu zásob vody v snehovej pokrývke. V príspevku predstavíme výsledky vyhodnocovania zásob vody v snehovej pokrývke, poukážeme na niektoré aspekty problematiky spracovania priestorového rozloženia charakteristík snehovej pokrývky, vychádzajúceho z bodových meraní a poukážeme na význam expedičných meraní charakteristík snehovej pokrývky pri ich priestorovom spracovaní. Zároveň budeme analyzovať odtokové pomery v období topenia sa snehu vo vybraných zimných obdobiach v závislosti na klimatických charakteristikách, teplote vzduchu a zrážkach.

Kľúčové slová: snehová pokrývka, akumulácia a topenie sa snehu, odtok zo snehu, povodeň

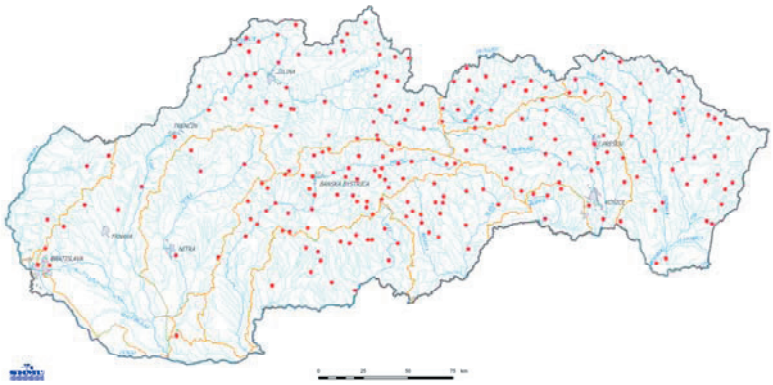
1. Úvod

Zo Zákona o ochrane pred povodňami č. 666/2004 Zb. vyplýva pre SHMÚ povinnosť poskytovať orgánom štátnej správy a správcom tokov pre vybrané profily informácie o zásobách vody v snehovej pokrývke. Tieto vydáva nepravidelne operatívna hydrológia už od začiatku 70. rokov. Základom sú údaje o charakteristikách snehovej pokrývky z vybraných zrážkomerných staníc SHMÚ. S ohľadom na rastúce požiadavky, týkajúce sa nielen kvality poskytovaných dát, ale aj počtu profilov, a možnosti, ktoré ponúkajú prostriedky geografických informačných systémov, má SHMÚ na svojej webovej stránke informácie o priestorovom rozložení celkovej výšky snehovej pokrývky a vodnej hodnoty snehu.

Vodná hodnota snehovej pokrývky je klimatologickým prvkom, ktorý v sebe spája priemet sumárneho úhrnu zrážok v reálnych teplotných a vlhkostných podmienkach danej zimy. Je dôležitým vstupným údajom pre bilanciu zásob vody v povodiach pred jarným topením snehu. Jej nenápadná pozícia medzi charakteristikami zrážok vyplýva zo sezónneho výskytu snehovej pokrývky v našich prírodných podmienkach a určite aj preto, že vodná hodnota snehovej pokrývky sa meria v sieti meteorologických staníc SHMÚ iba raz týždenne, v pondelok ráno, ak sa v tomto termíne nachádza v priestore stanice súvislá snehová pokrývka.

2. Problematika operatívneho stanovenia zásob vody v snehovej pokrývke

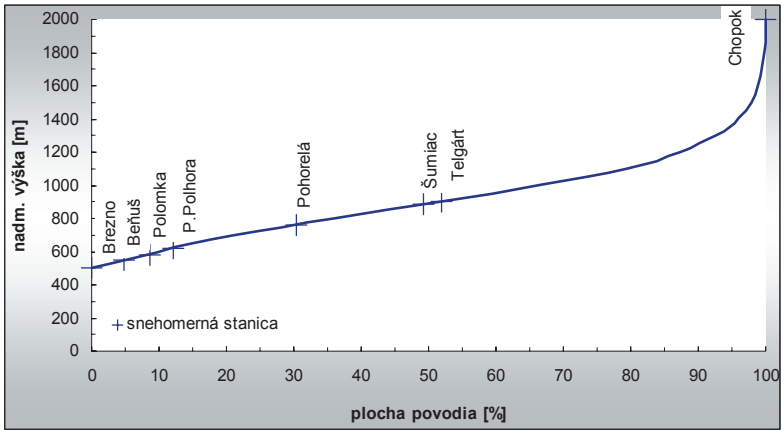
Zásoby vody v snehovej pokrývke sa na SHMÚ začali pravidelne vyhodnocovať v zime 1982/1983 a to pre vodné diela v povodí Váhu. V súčasnosti sa počítajú celkom pre 35 profilov v povodiach Váhu, Hrona, Ipľa, Slanej, Popradu, Hornádu, Bodvy a Bodrogu. Pre výpočet sa používajú údaje o celkovej výške snehovej pokrývky a jej vodnej hodnote v reálnom čase z 238 snehomerných staníc. Ich rozloženie na území SR je na Obr. 1.



Obr.1: Snehomerná sieť SHMÚ

Aj keď ich rozmiestnenie v záujmových povodiach sa zdá byť rovnomerné, je často s ohľadom na členitý reliéf územia SR nereprezentatívne a limitované dostupnosťou v teréne a ľudským faktorom. Až 95 % snehomerných staníc sa nachádza do nadmorskej výšky 1000 m. Napr. v povodí horného Hrona po Brezno s plochou 582,1 km^2 sa tretina celkových snehových zásob tvorí v nadmorských výškach 1000 až 1400 m, ktoré sa podieľajú 26,1 % na celkovej ploche povodí, pričom v týchto výškach nie lokalizovaná ani jedna snehomerná stanica (Obr. 2).

Tiež samotné meranie vodnej hodnoty snehovej pokrývky v základnej sieti snehomerných staníc pomocou zrážkomernej nádoby alebo váhového snehomera môže byť zdrojom nepresností – problémy pri odbere snehu do nádoby a jeho následnom rozpúšťaní. Analýza ČHMÚ [1] ukázala, že údaje o vodnej hodnote, namerané v staničnej sieti, sú väčšinou mierne podhodnotené, obzvlášť v stredných a vyšších nadmorských výškach.



Obr. 2: Hypsografická krivka povodí horného Hrona po Brezno

Preto je dôležité venovať pozornosť tomu, aby údaje o snehovej pokrývke zo staníc základnej snehomernej siete reprezentovali aj snehové pomery širšieho okolia a mali tak výpovednú hodnotu pre stanovenie zásob vody v záujmovej oblasti predovšetkým v čase tvorby maximálnych zásob, ale aj pred predpokladaným odtokom. Pre overenie správnosti týchto meraní v základnej sieti, ako aj získanie údajov v lokalitách, kde nie je dostatočne hustá sieť (predovšetkým v horskom teréne), slúžia expedičné merania priemernej výšky a vodnej hodnoty snehovej pokrývky.

V súčasnej dobe sa na určenie zásob vody v snehovej pokrývke štandardne používa metóda čiary vodnej hodnoty. Jej princíp rozpracoval Turčan [3]. Spočíva v analytickom vyjadrení závislosti vodnej hodnoty snehu od nadmorskej výšky. Na SHMÚ sa používa lineárna aproximácia bodových meraní metódou najmenších štvorcov. Vyrovnávajúcou čiarou vodnej hodnoty je priamka, podľa ktorej rovnice sa pre každú výškovú zónu odvodí vodná hodnota snehu, vzťahujúca sa na stred výškového intervalu konkrétnej zóny. Priemerná vodná hodnota snehovej pokrývky na povodie sa vypočíta váženým priemerom s podielom plôch jednotlivých zón ako váhami. Táto metóda dáva vyrovnanú vodnú hodnotu snehu pre každú výškovú zónu. Nie je preto nutné mať merania vo všetkých výškových triedach. Z údajov o priemernej plošnej vodnej hodnote snehovej pokrývky a ploche povodia sa následne určia zásoby vody v snehu pre daný profil.

Metóda je vo svojej podstate veľmi jednoduchá a pokiaľ sú splnené podmienky pre rovnomerné rozloženie snehovej pokrývky na povodí, aj presná. Problém nastáva v čase, kedy sa zásoby snehu na povodí vyskytujú iba vo vyšších nadmorských výškach. Potom sú vypočítané snehové zásoby podhodnocované.

3. Metodika tvorby máp priestorového rozloženia charakteristík snehovej pokrývky

Nakoľko stúpajú nároky na vodu, stúpajú aj nároky na informácie o zásobách vody v snehu. Využívanie geografických informačných systémov umožňuje získanie nielen informácií o priestorovom rozložení celkovej výšky a vodnej hodnoty snehovej pokrývky, ale aj výpočet snehových zásob pre rôzne profily podľa požiadaviek zákazníka. Na druhej strane oveľa citlivejšie reaguje na kvalitu dát ako aj výber vhodnej interpolačnej techniky.

V priebehu zimných období, 2005/2006 a 2006/2007, boli v rámci operatívnej prevádzky klimatologickej služby Slovenského hydrometeorologického ústavu vykonávané prvé pokusy s priestorovou analýzou vodnej hodnoty snehovej pokrývky, pričom do úvahy sa brali operatívne údaje zo siete meteorologických staníc merajúcich vodnú hodnotu snehovej pokrývky pravidelne každý týždeň v pondelok ráno. Nakoľko počet staníc, ktoré nielen merajú, ale aj pre potreby operatívnej prevádzky posielajú údaje o vodnej hodnote snehovej pokrývky takmer okamžite na pracoviská SHMÚ (Bratislava, Žilina, Banská Bystrica a Košice) nie je celkom dostatočný (reálne ich je niečo vyše 200 staníc) pre vykonanie dôslednejšej a priestorovo korektnejšej klimatologickej analýzy, v rámci predbežnej operatívnej analýzy bola použitá len jednoduchá 2D interpolácia bez zakomponovania vplyvu georeliéfu. V súčasnej dobe sa vykonáva komplexnejšia a z klimatologického hľadiska korektnejšia priestorová analýze so zohľadnením vplyvu georeliéfu. Aj napriek zdanlivo hustej pozorovacej staničnej sieti sa na území Slovenska vyskytujú pomerne rozsiahle oblasti, z ktorých údaje o snehových pomeroch absentujú. Ide najmä o stredohorské a vysokohorské oblasti Malých a Bielych Karpát, Javorníkov, Malej a Veľkej Fatry, Moravských a Oravských Beskýd, Nízkych, Vysokých a Západných Tatier ako aj niektorých ďalších, najmä pohraničných pohorí. Pre potreby komplexnejšej priestorovej analýzy bolo nevyhnutné údaje o vodnej hodnote snehovej pokrývky pre uvedené oblasti doplniť prostredníctvom tzv. „virtuálnych staníc“, ktorých priestorové rozloženie v konkrétnych horských regiónoch bolo expertne navrhnuté s ohľadom na klimatické špecifiká akumulácie a časového vývoja snehovej pokrývky v prírodnom prostredí Slovenska. Celkový počet virtuálnych staníc, ktorý sa momentálne v operatívnej klimatologickej praxi používa (a to nielen pre potreby

priestorovej analýzy vybraných charakteristík snehovej pokrývky) presahuje hodnotu 100. Ich počet ako aj priestorová lokalizácia sa ukazuje byť pre tento typ analýzy dostatočne vyhovujúci, čomu zodpovedajú aj výsledky publikované v niektorých predošlých prácach venovaných priestorovým analýzam teploty vzduchu a atmosférických zrážok na území Slovenska. Hodnoty vodného obsahu snehu (vodná hodnota snehovej pokrývky) sa pre virtuálne body odhadujú buď prostredníctvom dostatočne presného regresného modelu, pre ktorého konštrukciu je potrebné do štatistickej analýzy zahrnúť merania vodnej hodnoty snehovej pokrývky z celého územia Slovenska, alebo expertným odhadom (a to v prípade, že prvá uvedená metóda nie je dostatočne presná). Počas posledných dvoch zím, zimy 2008/2009 a 2009/2010, sa uskutočňovali expedičné merania charakteristík snehovej pokrývky jednotlivými regionálnymi pracoviskami, ktoré boli zamerané práve na oblasti virtuálnych staníc, aby sa overili metodiky ich odhadu.

Zložitejšia (komplexnejšia) 3D analýza so zohľadnením doplnkových „virtuálnych staníc“ bola vykonaná v prostredí GIS-GRASS 6.0.2 pomocou regularizovaného splajnu s tenziou s možnosťou nadstavenia (odvodenia) vstupných parametrov tenzie (tension), zhľadzovania (smoothing) a pod. Matematická formulácia regularizovaného splajnu s tenziou umožňuje pri interpolácií zahrnúť aj informácie o priestorovom rozložení doplňujúcej premennej, napr. pri interpolácii atmosférických zrážok a teploty vzduchu využiť informácie o topografii územia (georeliéf). Najlepšie výsledky dosahuje pri interpolácii veľmi hladkých povrchov znázorňujúcich napr. klimatické javy. Keďže metóda splajnov využíva matematicky definované krivky, ktoré po častiach interpolujú jednotlivé časti povrchu, výsledný povrch má minimálnu krivosť. Interpolačná metóda regularizovaný splajn s tenziou patrí k veľmi presným a flexibilným interpolačným metódam.

Priestorové analýzy (Obr. 3, 4) skvalitnili operatívne informácie o celkovej snehovej pokrývke a zásobách vody o snehu, poskytované povodňovým orgánom, vodohospodárom, ale aj širokej verejnosti operatívnou hydrológiou.

4. Vývoj zásob vody v snehovej pokrývke a odtokové pomery v období topenia sa snehu

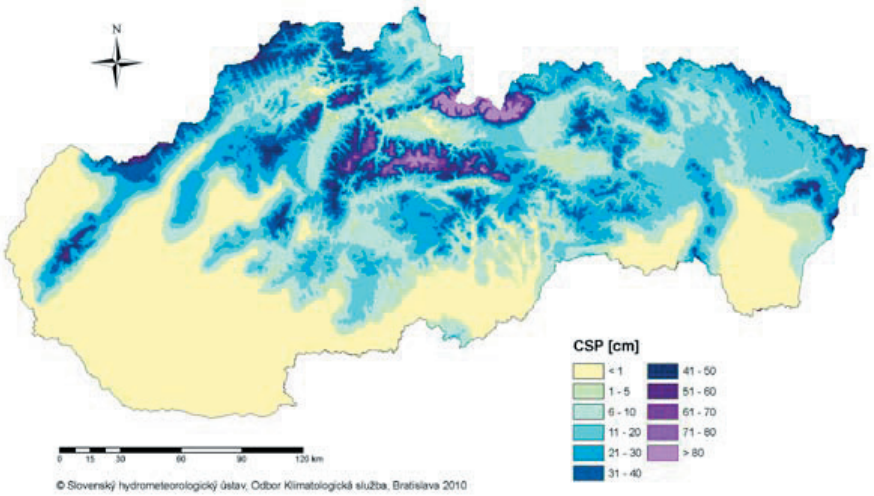
Vývoj snehových zásob a odtokové pomery v období topenia sa snehu boli analyzované v závislosti od teploty vzduchu a atmosferických zrážok vo vybraných zimných obdobiach a vybranom povodí. V povodí horného Hrona po Banskú Bystricu, s plochou 1766,48 km^2, sa zásoby vody v snehu pravidelne vyhodnocujú od zimy 1990/1991. Je to povodie, ktoré je predovšetkým vo svojej hornej časti málo ovplyvnené ľudskou činnosťou. Vyznačuje sa prirodzeným režimom odtoku. Snehová pokrývka, zásoby vody v nej a následný jarný odtok tu predstavujú významný hydrologický fenomén.

Podľa veľkosti objemu maximálnych zásob (Obr. 5) boli do ďalšieho spracovania vybrané zimy 1999/2000, 2003/2004, 2004/2005 a 2005/2006. Počas zím 2004/2005 a 2005/2006 sa vytvorili priaznivé podmienky pre akumuláciu zrážok v snehovej pokrývke a v povodí horného Hrona boli zaznamenané najvyššie maximálne zásoby vody v snehu od začiatku vyhodnocovania snehových zásob. Maximálne zásoby vody v snehu v zime 1999/2000 dosiahli 72 % maximálnych zásob rekordnej zimy 2004/2005, ale kulminačné prietoky jednotlivých vĺn počas jarného odtoku boli významnejšie. Zimná sezóna 2003/2004 charakterizuje zimu, kedy sa na povodí vytvorili priemerné snehové zásoby.

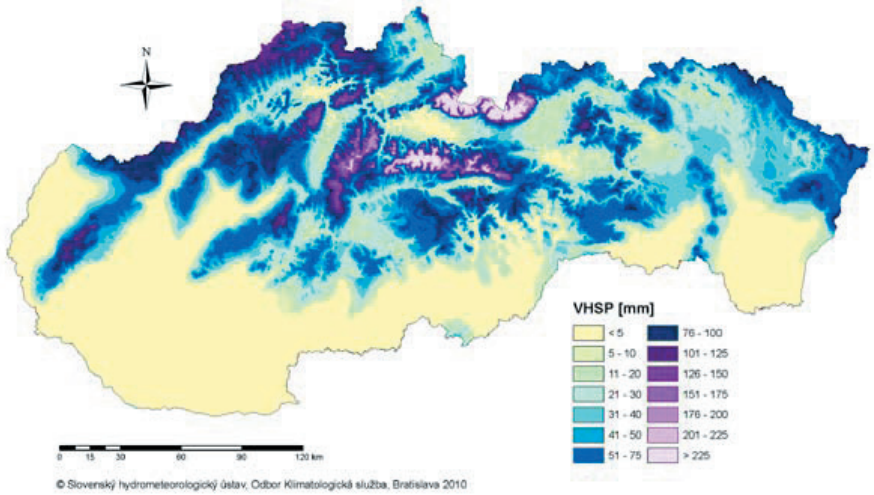
Priebeh odtoku v závislosti od teploty vzduchu, atmosferických zrážok a snehových zásob na príklade zimy 1999/2000 ukazuje Obr. 6.

Na veľkosť kulminácie a objem odtokovej vlny má dominantný vplyv veľkosť príčinných zrážok, ako aj priemerná vodná hodnota snehovej pokrývky na povodí, čiže veľkosť snehových zásob na začiatku topenia sa snehovej pokrývky. Pred samotným procesom topenia sa snehu je možné z pohľadu hydrológie identifikovať najdôležitejšiu časť zimnej sezóny – obdobie maximálnych zásob vody v snehovej pokrývke, ktoré je z hľadiska jarného

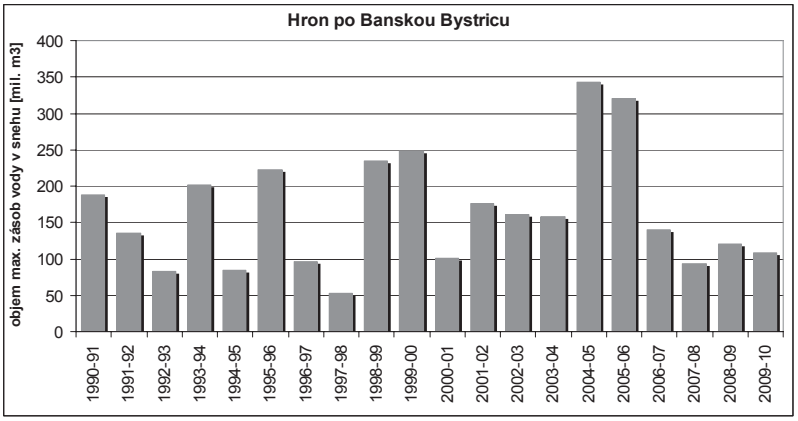
odtoku najpodstatnejšie. Teplota vzduchu je rozhodujúca pri vlastnom naštartovaní procesu topenia sa snehu.



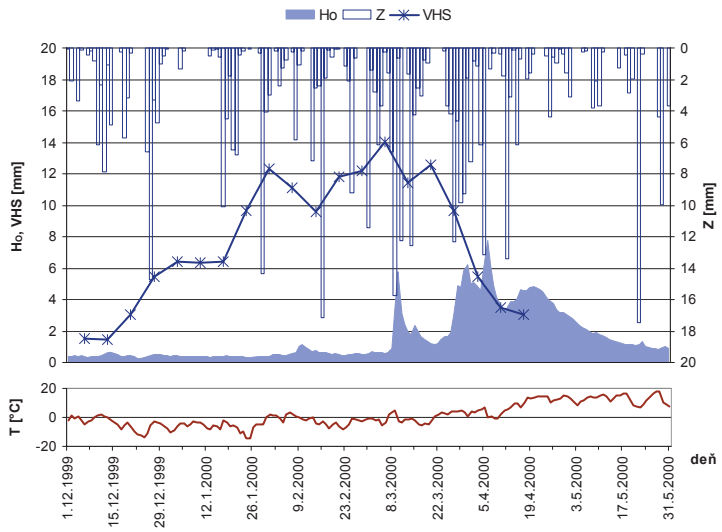
Obr. 3: Priestorové rozloženie celkovej výšky snehovej pokrývky na území Slovenska dňa 22. 2. 2010



Obr. 4: Priestorové rozloženie vodnej hodnoty snehovej pokrývky na území Slovenska dňa 22. 2. 2010



Obr. 5: Vývoj maximálnych zásob vody v snehovej pokrývke [mil.m^3] v povodí horného Hrona po Banskú Bystricu počas zím 1990/1999 až 2009/2010



Obr. 6: Vývoj snehových zásob (VHS), priebeh odtoku (H_O), chod denného úhrnu zrážok (Z) a priemernej dennej teploty vzduchu (T) v povodí horného Hrona po Banskú Bystricu v zime 1999/2000

5. Záver

Z pohľadu hydrológie predstavuje snehová pokrývka obrovskú zásobáreň vody, ktorá odteká v relatívne krátkom čase a zvlášť v čase nástupu topenia sa snehovej pokrývky môže byť zdrojom nekontrolovaného odtoku. Ako vo svojej práci uvádza Mihina [2], v horských oblastiach Slovenska akumuluje snehová pokrývka približne 20-30 % celkového ročného úhrnu zrážok. Z tohto dôvodu znalosti o tvorbe a topenia sa snehovej pokrývky a následnom odtoku majú praktický význam pri protipovodňovej ochrane miest a obcí. Využívaním geografických informačných systémov získavame informáciu o priestorovom rozložení snehovej pokrývky a jej vodnej hodnoty, a tak vieme určiť objem zásob vody v snehovej pokrývke pre ľubovoľný profil. Ale aj zásoby vody v snehovej pokrývke, ktoré nepatria k rekordným, môžu v závislosti od hydrometeorologických podmienok zapríčiniť (r. 2000) alebo zhoršiť (r. 2009) povodňovú situáciu a na druhej strane ani rekordná zima nemusí byť príčinou povodní (r. 2006).

Literatúra

[1] BERCHA, Š. – ŘIČICOVÁ, P. – NĚMEC, L., 2006. Posouzení reprezentativnosti měření vodní hodnoty sněhu při jarní povodni 2006. In: *Workshop Adolfa Patery 2006 – Extrémní hydrologické jevy v povodích*. Praha, s. 45-53.

[2] MIHINA, V., 1987. Metódy vyhodnocovania zásob vody v snehovej pokrývke na povodí Hrona. Etapová správa: II-5-1/05/03, SHMÚ, Bratislava. 56 s.

[3] TURČAN, J., 1973. Príspevok k určeniu zásoby snehu v horskom povodí. Vodohospodársky časopis, roč. 21, č. 3-4.

Kontakty na autora

1 Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne stredisko Banská Bystrica, e-mail: katerina.hruskova@shmu.sk, daniela.kyselova@shmu.sk

2 Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, e-mail: danica.leskova@shmu.sk