

# Neistoty určovania návrhových prietokov

*J. Szolgay, S. Kohnová, K. Hlavčová: Uncertainties in Design Discharge Estimates. Život. Prostr., Vol. 37, No. 4, 194 – 199, 2003.*

**In the paper several uncertainties associated with different methods of estimating of design discharges for small, medium and large catchments are described. Potential sources of uncertainty in the calculation of design discharges are discussed with an emphasis on the minimisation of their influence. For medium sized and large catchments examples are given of uncertainties resulting from the choice of the observation period, selection of the distribution function and its parameter estimation method and of using different regionalisation principles. For methods applicable to small catchments the influence of the determination of the design rainfall intensity and the design runoff coefficient are treated in detail. Design discharges estimated by different statistical and regional methods for medium sized and small catchments in the Myjava region were compared. Practical recommendations for the application of these methods are given.**

Jedným z dôležitých článkov reťazca ochrany pred ničivými účinkami povodní je určovanie návrhových maximálnych prietokov na dimenzovanie ochranných stavieb. Ide o veličiny odvodené z hodnôt kulminačných prietokov. Udávajú sa zo zvolenou významnosťou, ktorá je mierou možnosti ich dosiahnutia alebo prekročenia v budúcnosti. Významnosť sa zvyčajne udáva ako priemerná doba opakovania alebo pravdepodobnosť dosiahnutia, resp. prekročenia danej hodnoty. Hovoríme pritom o  $N$ -ročnom ( $Q_N$ ) alebo  $p$ -percentnom maximálnom prietoku ( $Q_p$ ). Storočný maximálny prietok ( $Q_{100}$ ) je prietok, ktorý sa dosiahne alebo prekročí v priemere raz za sto rokov (nie každých sto rokov!) a jednopercenčný maximálny prietok má pravdepodobnosť dosiahnutia alebo prekročenia 0,01 %.

Všetky hodnoty  $N$ -ročných prietokov tvoria tzv. *čiaru opakovania* a hodnoty  $p$ -percentných prietokov *čiaru prekročenia* maximálnych prietokov. Ich zostrojenie je dôležitou úlohou inžinierskej hydrologie. Voľbu významnosti návrhového prietoku  $N$ , resp.  $p$  na konkrétny technický účel (napr. stanovenie výšky hrádze, kapacity koryta, kapacity bezpečnostného priepadu vodného diela a pod.) určujú príslušné technické normy s ohľadom na požadovanú bezpečnosť chráneného územia a ekonomické škody, ktoré by mohli vzniknúť v dôsledku zlyhania príslušného protipovodňového opatrenia.

V praxi sa častejšie používa hodnotenie významnosti

pomocou *doby opakovania*, aj keď obe veličiny súvisia a dajú sa navzájom prepočítať. O dobách opakovania nad 50 rokov možno povedať, že sú recipročnou hodnotou pravdepodobnosti prekročenia. V príspevku sa budeme odvolávať hlavne na  $N$ -ročné hodnoty maximálnych prietokov, budeme však používať oba pojmy, teda čiaru opakovania a čiaru prekročenia, pretože východiskom určovania  $N$ -ročných hodnôt v praxi je práve čiaru prekročenia.

Pri stanovovaní návrhových prietokov pomocou pravdepodobnosti alebo priemernej doby prekročenia (opakovania) je problematické, že táto koncepcia v podstate pripúšťa zlyhanie projektovaného protipovodňového opatrenia, aj keď sa toto riziko pokúša kvantifikovať. Riziko zlyhania možno minimalizovať voľbou vysokej hodnoty doby opakovania a teoreticky prípadne aj dokázaním platnosti existencie horného ohraničenia čiaru prekročenia, teda akejsi najväčšej možnej povodne. K zložitostiam problematiky patrí aj to, že voľba metódy určovania návrhových veličín do značnej miery závisí od veľkosti povodí a dostupnosti údajov.

Z hľadiska prietokových údajov, ktoré sú najčastejším východiskom určovania návrhových maximálnych prietokov, sme v praxi v zásade konfrontovaní s tromi scenármi:

- existuje dostatočne dlhý a spoľahlivý pozorovací rad, ktorý umožňuje odhad  $N$ -ročných prietokov apliká-

ciou štatistických metód priamo na údaje daného profilu,

- pozorovací rad nie je primerane dlhý alebo vhodný, použitie tradičných štatistických postupov nie je možné alebo poskytuje veľmi neisté odhady  $N$ -ročných prietokov,
- nie sú k dispozícii žiadne priame údaje o prietokoch v danom profile.

Pre posledné dva scenáre v prípade veľmi malých povodí prichádzajú najčastejšie do úvahy tzv. *intenzitné a objemové metódy* vychádzajúce zo zrážkových údajov, ktoré sú vo všeobecnosti dostupnejšie, dajú sa priestorovo ľahšie interpolovať a mávajú aj dlhšie pozorovacie rady. Pre malé a stredné povodia sa u nás v prevažnej miere uplatňujú *regionálne metódy odhadu* (výnimočne aj metódy založené na používaní zrážkovo-odtokových modelov). Pre profily, v ktorých je odtok ovplyvnený antropogénnou činnosťou, sa musia používať matematické *hydrologické modely transformácie zrážok na odtok*, resp. matematické *modely transformácie odtoku v riečnej sieti* a v prvkoch vodohospodárskych sústav. Ani jedným postupom z uvedenej palety výpočtov nedosiahneme jednoznačný výsledok, čo odhad výslednej veličiny zafažuje viacerými neistotami. Neistoty nesprávneho určenia návrhovej veličiny môžeme pre potreby tohto príspevku klasifikovať všeobecne:

- **Neistota vyplývajúca z kvality podkladových údajov.** Sem patria napr. problémy kvality hydrologických meraní na tokoch a v povodiach, dĺžky radov pozorovaní, stacionarita a homogenita údajov vybraných na výpočet, otázky reprezentatívnosti východiskového radu pre režim maximálnych prietokov a pod.

- **Štatistická neistota** vyplýva z podstaty štatistických metód (napr. vplyv apriornej voľby typu čiary prekrôčenia, výber metódy odhadu jej parametrov, vplyv dĺžky radu na odhad parametrov, problémy vychýlenosti odhadov z krátkych radov pozorovaní, extrapolácia mimo rozsahu pozorovaných hodnôt a pod.). Táto neistota sa netýka len štatistických metód, keďže významnosť návrhových veličín určujeme štatisticky, prenáša sa do všetkých metód.

- **Modelová neistota** vyplýva z nedostatku poznatkov o analyzovaných hydrologických systémoch a procesoch a z nasledujúceho zjednodušovania ich opisu v štatistických i deterministických metódach (napr. predstava o zhora neohraničených čiarach prekrôčenia, voľba hortonovského typu odtoku v intenzitných a objemových metódach, voľba jednorozmerného hydrodynamickeho modelu a pod.).

- **Regionalizačná neistota** vyplýva z používania priestorových zovšeobecňovaní v prípade absencie priamych pozorovaní (napr. priestorové zovšeobecnenie charakteristík zrážok v objemových a intenzitných metódach, výber regionálnej jednotky a zaradenie povodia

do nej, regionalizácia parametrov matematických modelov odtoku a iné).

Detailed opis, vysvetlenie príčin a dôsledkov uvedených neistôt pre všetky metódy presahuje účel a možnosti tohto príspevku. Pokúsime sa však o stručnú charakteristiku niektorých problémov, v akom rozsahu sa môžu pohybovať a aké možnosti máme na minimalizáciu ich vplyvu na protipovodňovú bezpečnosť.

### Základné neistoty vyplývajúce z kvality podkladových údajov

Pre zjednodušenie budeme predpokladať, že údaje, ktoré v nasledujúcich príkladoch používame, sú pre ne vhodné a neistoty vyplývajúce z kvality údajov sme minimalizovali, ale upozorníme na dva závažné faktory.

1. Používanie štatistických metód na výpočet návrhových veličín predpokladá časovú homogenitu údajov a vychádza z platnosti axiómy stacionarity hydrologických radov. Homogenita predpokladá zachovanie stálosti fyzikogeografických podmienok tvorby hydrologického procesu, z ktorého bol rad odvodený, a tiež nemennosť metód jeho pozorovania a spracovania. Stacionarita je vlastnosť hydrologického radu spočívajúca na predpoklade, že jeho štatistické charakteristiky nezávisia od času. Praktické dôsledky ich prijatia sú ďalekosiahle, keďže návrhové veličiny určujeme z pozorovaní v minulosti, ale používame ich pre návrh opatrení do budúcnosti. Nepredpokladáme, že podmienky tvorby odtoku a jeho štatistické vlastnosti boli nemenné, ale zároveň veríme, že takými zostanú aj počas životnosti navrhovaného opatrenia. V tejto súvislosti azda netreba zdôrazňovať význam diskusií o globálnych a klimatických zmenách.

2. Nemenej dôležitým faktorom je reprezentatívnosť východiskového materiálu pre poznanie režimu maximálnych prietokov. Otázky dlhodobého kolísania charakteristík režimu prietokov nie sú dostatočne preskúmané, z údajov je však zrejmé, že tak, ako sa s istou pravidelnosťou striedajú vodné a málo vodné obdobia, mení sa frekvencia (a samozrejme aj amplitúda) povodní.

Dôsledky reprezentatívnosti radu, vzhľadom na neistotu odhadu hodnoty návrhového prietoku, ilustrujeme výpočtom storočného ( $Q_{100}$ ) a tisícročného prietoku ( $Q_{1000}$ ) pre profil Bratislava (GEV – generalizované extrémálne rozdelenie) z viacerých 50-ročných období (tab. 1), kde simulujeme situáciu, v ktorej by bol analytik, keby mal k dispozícii len údaje z uvedeného obdobia.

### Základné neistoty určovania návrhových prietokov štatistickými metódami

Medzi prvý zdroj štatistickej neistoty patrí nejednoznačnosť (aposteriornej) voľby typu čiary prekrôčenia (opakovania) kulminačných prietokov, ktorú v skutoč-

Tab. 1. Porovnanie odhadov storočného a tisícročného prietoku pri rôznej dĺžke pozorovaní na rieke Dunaj v profile Bratislava

Prietok	1886 – 1935	1896 – 1945	1906 – 1955	1916 – 1965	1926 – 1975	1936 – 1985	1946 – 1995	1953 – 2002
$Q_{100}$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	11 800	11 100	9 990	10 600	10 300	10 300	10 700	11 600
$Q_{1000}$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	16 000	14 700	12 100	13 200	12 800	12 700	13 300	15 500

$Q_{100}$  – storočný prietok,  $Q_{1000}$  – tisícročný prietok

nosti v hydrológii nepoznáme, resp. nevieme fyzikálne odôvodnenie z vlastností genézy odtokového procesu apriori určiť. Vyberáme preto z akejsi vzorkovnice prípustných typov, pričom vychádzame z tradície aj zo známych vlastností týchto čiar a radov kulminačných prietokov (ako je napr. nezáporné dolné ohraničenie prietokov, teoreticky neexistujúce horné ohraničenie spracovaných hodnôt a viacerých iných). Výber je subjektívne rozhodnutie analytika podporené použitím objektívnych testov. Štatistické testy však neumožňujú potvrdiť použiteľnosť príslušného typu čiary, môžu navrhnúť len zamietnutie. Preto sa bežne stáva, že máme k dispozícii viacero nezamietnutých čiar. Hodnoty  $Q_N$  a  $Q_p$  odhadnuté s použitím rôznych subjektívne zvolených (prípadne aj objektívnymi metódami testovaných) čiar alebo inžinierskych metód extrapolácie sa, pochopiteľne, môžu (niekedy značne) líšiť.

Neistota odhadu hodnôt  $Q_N$  a  $Q_p$  vyplývajúca z objektívnych vlastností metód odhadu parametrov použitých čiar opakovania, resp. prekročenia kulminačných prietokov (okrem vplyvu samotnej voľby metódy a jej štatistických vlastností, ako napr. vychýlenosť odhadov parametrov čiar z krátkych radov pozorovaní, sem patrí aj spomenutý vplyv dĺžky radu a vybraného obdobia pozorovaní na neistotu odhadu parametrov z hľadiska jeho reprezentatívnosti pre režim veľkých vôd a pod.). Kým viaceré z uvedených neistôt sa dajú či už teoreticky, alebo pomocou počítačových simulácií študovať, kvantifikovať, prípadne aj minimalizovať, je problematika vplyvu dĺžky a reprezentatívnosti obdobia pozorovaní objektívnou danosťou, ktorá by sa v prípade prírodných procesov dala (asymptoticky) odstrániť iba predĺžovaním pozorovacích radov.

Vplyv uvedených zdrojov neistôt ilustrujeme na príklade určenia storočného maximálneho prietoku toku Myjava v profile Myjava. Vstupné údaje, získané z archívnych materiálov SHMÚ v Bratislave, pozostávali z radov ročných a letných maximálnych prietokov za obdobie 1974 – 1999. Postupovali sme podľa novej nemeckej metodiky DVWK/101 z r. 1999, ktorá je už založená na novších metódach výberu vhodných čiar prekročenia a moderných metódach odhadu jej parametrov. Na spodnej časti obr. 1 sú výsledky odhadu  $Q_{100}$  podľa DVWK/101 s použitím teoretických čiar log-Pearson III, trojparametrického lognormálneho rozdele-

nia a Weibullovoho rozdelenia uvedené pod značkami LP3, LN3 a WB, použitú metódu odhadu parametrov značíme pridaním označenia MM pre metódu momentov a PWM pre metódu s pravdepodobnosťou vážených momentov. Úlohu sme ďalej riešili pomocou metód výberu zákonov rozdelenia a odhadu ich parametrov tak, ako sa to odporúča v súčasnosti vo Veľkej Británii (FEH, 1999). Výsledky sú označené ako metóda L-momentov, podľa nej bol vybraný zákon rozdelenia pravdepodobnosti GLO (General Logistic). Aplikovali sme aj francúzske metódu GRADEX, ktorá pri výpočte návrhových veličín využíva popri prietokoch aj zrážkové údaje. Vidno, že rozdiely vo výsledkoch môžu byť aj v tomto prípade značné.

#### Ilustrácia modelovej neistoty určovania návrhových prietokov

Základom určovania  $N$ -ročných maximálnych prietokov mimo vodomerných staníc sú v našich podmienkach regionálne metódy, ktoré sa v praxi často používajú aj pre malé povodia. Zabezpečuje sa tým aj priestorová nadväznosť v systéme  $N$ -ročných hodnôt medzi malými a väčšími povodiami, ale práve v menších povodiach je vysoké riziko, že sa lokálne podmienky tvorby odtoku môžu líšiť od regionálnych. Preto sa v malých povodiach používajú aj metódy, ktoré sa u nás tradične nazývajú objemové a intenzitné. Tieto metódy vychádzajú z údajov o zrážkach a z charakteristík podmienok tvorby odtoku v povodí.

K často používaným metódam na určovanie maximálneho návrhového prietoku z malých povodí bez priamych pozorovaní patria metódy vychádzajúce z intenzity návrhových zrážok. Typickým predstaviteľom takýchto postupov je tzv. *racionálna metóda* a jej odnože, podľa ktorých možno vyjadriť maximálny návrhový prietok vzťahom:

$$Q_N = \varphi_V \cdot i_{t,N} \cdot F \cdot k \quad (1)$$

kde  $Q_N$  je maximálny prietok s priemernou dobou opakovania  $N$  rokov,  $i_{t,N}$  je intenzita návrhového dažďa s tou istou dobou opakovania,  $\varphi_V$  je vrcholový súčiniteľ odtoku,  $F$  plocha povodia a  $k$  je prevodový rozmerový súčiniteľ. Návrhový dažď sa uvažuje s konštantnou intenzitou pre dobu trvania  $t$  a je rovnomerne rozložený po

celom povodí. Pri stanovení doby trvania návrhového dažďa sa vychádza z predpokladu, že maximálny prietok v záverečnom profile nastane vtedy, keď sa do odtoku zapojí celé povodie (tzv. kritická doba odtoku). Vrcholový súčiniteľ odtoku  $\varphi_V$  vyjadruje pomer maximálneho prietoku a intenzity návrhového dažďa. Zvyčajne sa odhaduje zo skúsenosti pomocou rôznych tabuľkových hodnôt pre spôsob využívania povodia a jeho sklon. Niekedy sa pri jeho určení vychádza aj z hodnoty objemového súčiniteľa odtoku  $\varphi_0$ , ktorý pre dané povodie možno ľahšie definovať.

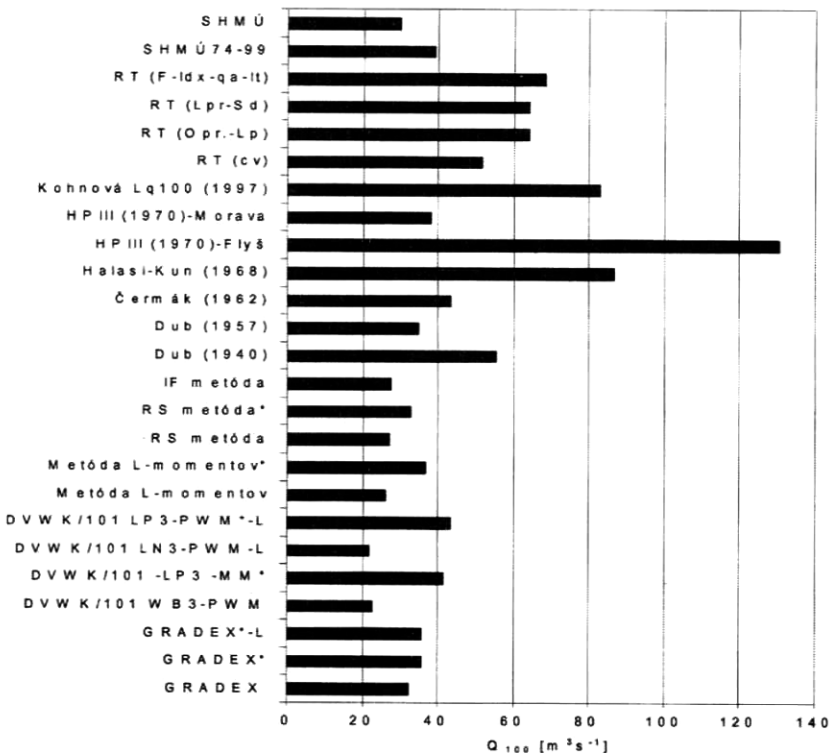
Objemové vzorce sú odvodené z celkového objemu odtoku vyvolaného zrážkami a z predpokladaného (schematizovaného) tvaru hydrogramu odtoku. Všeobecný tvar tejto skupiny vzorcov je:

$$Q_{max,N} = k \cdot H_{zN} \cdot F \cdot \varphi_0 \cdot kf / t \quad (2)$$

kde  $k$  je rozmerový súčiniteľ závislý od voľby jednotiek,  $H_{zN}$  je výška zrážok kritického trvania s dobou opakovania  $N$ ,  $\varphi_0$  je objemový odtokový súčiniteľ,  $kf$  je súčiniteľ vyplývajúci z tvaru schematizovaného hydrogramu.

Pri určení vstupných zrážok sa pri oboch typoch vzorcov používa viacero (pomerné svojvoľných) zjednodušujúcich predpokladov. Za najzávažnejšiu môžeme považovať základnú hypotézu, že na výpočet  $N$ -ročného maximálneho prietoku môžeme používať hodnotu  $N$ -ročných zrážok. Patrí sem aj hypotéza, že trvanie kritického výpočtového dažďa vyvolávajúceho maximálny odtok sa rovná dobe koncentrácie odtoku, tiež predpoklady o rovnomernom rozložení dažďa v povodí a jeho konštantnej intenzite počas celej doby trvania. Pri výpočte kritickej doby sa často používa Hortonova teória vzniku odtoku, vychádzajúca z predpokladu jeho vzniku na celej ploche povodia. V prípade uplatnenia iných mechanizmov tvorby odtoku (pozri Hlavčová a kol., 2001) môžu byť vypočítané hodnoty značne odlišné od skutočných. Napr. v ČR je zdokumentovaných viacero prípadov, že historicky najvýznamnejšie odtoky vznikli z dažďov s trvaním dlhším, ako bola vypočítaná, resp. z údajov odhadnutá doba koncentrácie odtoku.

Objemové metódy predpokladajú, že je známy tvar hydrogramu výsledného odtoku (používajú sa napr.



1. Porovnanie hodnôt storočného prietoku Myjavy v profile Myjava s použitím rôznych metód

rôzne geometrické schematizácie). Keďže trvanie odtoku je viazané na dobu koncentrácie a trvania výpočtového dažďa, predpoklad o tvare hydrogramu de facto určuje aj veľkosť  $N$ -ročného maximálneho prietoku.

Na ilustráciu vplyvu uvedených neistôt na výslednú hodnotu uvádzame výsledky určenia návrhového prietoku s priemernou dobou opakovania 100 rokov pre malé povodie bez priamych pozorovaní v Myjavskej pahorkatine pomocou racionálneho vzorca. Plocha povodia je 74,11 ha, priemerný sklon 9% a maximálny sklon 17%. V povodí prevládajú hlinité pôdy, poľnohospodársky sa využíva čiastočne ako orná pôda na pestovanie obilnín, zvyšok tvoria trvalé trávne porasty a sady.

Pri určení návrhovej intenzity dažďa pre periodicitu  $p = 0,01$  sme porovnali návrhové intenzity krátkodobých dažďov spracované pre záujmový región viacerými autormi (tab. 2). Použili sme údaje podľa SHMÚ, podľa Šamaja a Valoviča (1973) a podľa všeobecne používanej metódy Urcikána a Horvátha (Urcikán, Imriška, 1986) pre stanicu Myjava. Pre záverečné výpočty sme použili hodnoty intenzity náhradných dažďov s periodicitou  $p = 0,01$  určené podľa Urcikána a Horvátha. Dobu trvania návrhového dažďa sme určili na základe doby kon-

Tab. 2. Intenzita náhradných dažďov s periodicitou  $p = 0, 01$  [ $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ]

Oblasť (autori)	Trvanie zrážkovej udalosti [min.]						
	5	10	15	20	30	60	120
Myjava (SHMÚ, 2000)			1,93		1,20	0,75	0,27
Myjava (Šamaj, Valovič, 1983)	3,09	2,19	1,73	1,43	1,10	0,65	0,78
Myjava (Urcikán, Horváth, 1979)	3,24	2,41	1,95	1,64	1,27	0,77	0,45

Tab. 3. Hodnoty návrhových prietokov podľa jednotlivých metód

Metóda	$Q_{100}$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
Racionálna metóda, $\varphi_V$ z tabuliek	4,33
Hrádek	4,51
Dzubák	3,23

centrácie odtoku z povodia, pričom sme vychádzali z metodiky Hrádek a kol., 1989 a Dzubák, 1992.

Pri odhade vrcholového súčiniteľa odtoku sme vychádzali z tabuľkových hodnôt (Urcikán, Imriška, 1986) a z hodnôt určených podľa metodiky Hrádek (1989) a Dzubák (1992). Pri výpočte vrcholového súčiniteľa odtoku na základe objemového súčiniteľa odtoku sme predpokladali rôzne tvary hydrogramu odtoku, pričom sme vychádzali z jeho skutočných tvarov z najbližšej prietokomernej stanice v profile Myjava. Odhady vrcholového súčiniteľa odtoku sa podľa uvedených metód pohybovali v rozmedzí 0,21 – 0,4.

$Q_N$  pre  $N = 100$  sme vypočítali v niekoľkých alternatívach, v ktorých sme zohľadnili rôzne spôsoby určenia kritickej doby odtoku z povodia a odhadu  $\varphi_V$  podľa jednotlivých metód. Výsledné hodnoty maximálneho návrhového prietoku sú uvedené v tab. 3. Opäť vidno, že aj v prípade nášho jednoduchého príkladu môžu byť výsledky značne rozdielne, čo v praxi môže znamenať výrazne odlišnú mieru bezpečnosti navrhovaného protipovodňového opatrenia.

### K neistote určovania návrhových prietokov regionálnymi metódami

V oblasti regionálnych metód sa vývoj v posledných desaťročiach veľmi urýchlil, výsledky sa týkajú malých a skôr stredne veľkých povodií. Aj u nás tvoria regionálne metódy základ určovania  $N$ -ročných maximálnych prietokov mimo vodomerých staníc. Na dokreslenie problematiky uvádzame na obr. 1 pre profil Myjava aj

výstupy z nasledujúcich regionálnych metód: z metód regionálnej štatistickej analýzy založených na teórii L-momentov sme uplatnili dva prístupy, a to metódu indexovej povodne (IF) a metódu regionálnych parametrov rozdelenia pravdepodobnosti (RS). V tejto skupine metód bol ako vhodný vybraný zákon rozdelenia pravdepodobnosti GEV (General Extreme Value).

Vzhľadom na to, že rady pozorovaní na toku Myjava sú relatívne krátke, výsledky štatistickej analýzy treba posudzovať obzvlášť opatrne, použili sme preto na porovnanie aj rôzne regionálne čiary maximálnych storočných špecifických odtokov vypracované podľa viacerých autorov. Použili sme aj metódu regionálneho určovania štatistických charakteristík zákona rozdelenia pravdepodobnosti z fyzikogeografických charakteristík povodií označenú ako RT. Odhad  $Q_{100}$  sme urobili pomocou dvojparametrického lognormálneho rozdelenia v regionálnych typoch zhlukov povodií vytvorených zhlukovaním podľa príbuznosti koeficienta variácie letných kulminačných prietokov (označenie RT – CV), podľa priemerného sklonu toku a priemernej orientácie povodia (RT – Opr, Lp), podľa priemeru a smerodajnej odchýlky maximálnych letných prietokov (RT – Lpr, Sd) a podľa plochy povodia, dlhodobého priemerného ročného odtoku, infiltračného indexu pôd a sklonu hlavného toku (RT – F, Idx, qa, It). Pri odhade storočného prietoku opäť vidno značné rozdiely.

\*\*\*

Odborná verejnosť, ale najmä užívatelia, by privítali čo najjednoduchší výsledok odhadu  $N$ -ročných maximálnych prietokov. Aj z nášho príspevku je však zrejmé, že ich určenie sa nedá považovať za výpočtový postup s jednoznačným výsledkom. Je to úloha, ktorú možno riešiť viacerými štatisticky a hydrologicky rovnocennými postupmi. Z hľadiska praktickej použiteľnosti by sme mohli výsledky odhadu rôznymi metódami (autormi) v princípe považovať za rovnocenné za predpokladu správneho používania jednotlivých metód. V konečnom dôsledku to znamená, že výslednú veličinu musíme zvoliť zo spektra vypočítaných výsledkov, aj značne rozdielných. To môže mať nepríjemné dôsledky v rôznych oblastiach vodného staviteľstva a protipovodňovej ochrany. Nominálna miera ochrany by bola síce rovnaká, skutočná miera ochrany by však nemusela byť porovnateľná. Preto sa aj vo svete čoraz viac zavádzajú technické normy alebo smernice profesijných organizácií, ktoré odporúčajú vhodné výpočtové metódy. Tie potom zohrávajú stabilizačnú úlohu v systéme navrhovania vodohospodárskych stavieb tým, že zavádzajú konvencie, ktoré odborná verejnosť považuje za primerané vzhľadom na úroveň vedomostí o sledovanom jave. Domnievame sa, že práve pre dostupnosť čoraz širšej



palety metód sa tomuto procesu nebudeme môcť vyhnúť ani u nás.

*Výsledky výskumu vznikli v rámci riešenia grantových projektov VEGA GP /2016/22 a 2/3085/23.*

## Literatúra

DVWK Regeln 101 / 1999: Wahl des Bemessungshochwassers. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1999.

Dzubák, M: Metodická pomôcka na stanovenie hydrologických podkladov pre návrh dimenzačných parametrov poldrov na malých povodiach. SvF ŠTU Bratislava, 1992, 9 s.

Hrádek, a kol.: Hydrologická směrnice. Návrhové průtoky pro velmi malá povodí. MZV ČR, MPSR, Praha, 1989, 24 s.

Hlavčová, K., Holko, L., Szolgay, J.: Tvorba a modelovanie

odtoku na svahoch a z malých povodí. Život. Prostr., 35, 2001, 3, s. 126 – 132.

Hosking, J. R. M., Wallis, J. R.: Regional Frequency Analysis. An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press, Cambridge, 1997, 223 pp.

Flood Estimation Handbook. Part 3. Statistical Procedures for Flood Frequency Estimation, IH Wallingford, 1999, 325 pp.

Urcikán, P., Imriška, L.: Stokovanie a čistenie odpadových vôd. Tabuľky na výpočet stôk. SNT, ALFA, Praha, Bratislava, 1986.

**Prof. Ing. Ján Szolgay, PhD.,** [szolgay@sof.stuba.sk](mailto:szolgay@sof.stuba.sk)

**Doc. Ing. Silvia Kohnová, PhD.,** [kohnova@sof.stuba.sk](mailto:kohnova@sof.stuba.sk)

**Doc. Ing. Kamila Hlavčová, CSc.,** [hlavcova@sof.stuba.sk](mailto:hlavcova@sof.stuba.sk)

**Katedra vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava**

