ACTA HYDROLOGICA
SLOVACA

Ročník 16, Tematické číslo, 2015, 184 - 189

TESTOVANIE ZMENY TRENDOV A ŠKÁLOVACÍCH KOEFICIENTOV KRÁTKODOBÝCH ÚHRNOV DAŽĎOV NA STANICI HURBANOVO

Karolína Zechelová, Zuzana Ďurecová, Silvia Kohnová

Cieľom predloženej štúdie bolo testovanie zmeny trendov a škálovacích koeficientov krátkodobých úhrnov dažďov rôzneho trvania na klimatologickej stanici Hurbanovo s pozorovacím radom od roku 1961 do 2009. Trendy maximálnych ročných špecifických výdatností dažďa sme analyzovali v mesiacoch apríl až október a pre celé obdobie teplého polroku. Na analýzu významnosti trendov v časových radoch bol použitý neparametrický Mann-Kendallov test (Kendall, 1975). V ďalšom kroku sme pomocou metodiky jednoduchého škálovania zrážok odvodzovali hodnoty škálovacích koeficientov pre celé (1961 – 2009) a skrátené obdobia pozorovania (1961-1990; 1990-2009). Záverom sme porovnávali zmeny trendov špecifických výdatností dažďa a škálovacích koeficientov v jednotlivých obdobiach a analyzovali ich vplyv na odhad návrhových hodnôt v stanici Hurbanovo.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: trendy špecifických výdatností dažďa, jednoduché škálovanie zrážok, škálovacie koeficienty

TESTING CHANGES IN TRENDS AND SCALING EXPONENTS OF SHORT-TERM RAINFALL AT THE HURBANOVO STATION. The aim of the present study was to test changes in trends and scaling exponents of short term rainfall in the warm season for the various durations at the climatological Hurbanovo station with observation from 1961 to 2009. The trends were estimated for the intensities of rainfall in the months of April to October and for the whole warm season. To analyze the significance the nonparametric Mann-Kendall test was applied (Kendall, 1975). In the next step the simple scaling methodology to derived scaling exponents for the whole observation period (1961 - 2009) and shortened the observation period (1961-1990; 1990-2009) was used. Finally, we compared the changes in trends of rainfall intensities and their scaling exponents for analyzed periods, and discussed their impact on design values estimation.

KEY WORDS: trends of rainfall intensities, simple scaling of rainfall, scaling exponents

Úvod

Intenzívne zrážkové udalosti, s nimi spojené povodne, a následné ekonomické škody sa v súčasnosti dostávajú do pozornosti nielen hydrológov a inžinierov, ale aj finančného sektoru spolu s poisťovníctvom. Za posledné desaťročia sa intenzívne zrážkové udalosti stali jedným z najčastejšie sa vyskytujúcim prírodným rizikom u nás aj vo svete, pričom sa za posledných dvadsať rokov pozoruje ich zvýšený výskyt v oblastiach Európy. Rovnako aj na Slovensku sa počas búrok čoraz častejšie vyskytujú mimoriadne vysoké krátkodobé úhrny zrážok, pri ktorých sledujeme nárast frekvencie ich výskytu, pričom sa v poslednom desaťročí vyskytli i absolútne rekordy napr. maximálnych hodinových úhrnov zrážok.

Analýzami zmien a trendov denných úhrnov zrážok sa v poslednom období venuje viacero vedeckých štúdií, avšak čo sa týka analýz krátkodobých úhrnov dažďov, tejto problematike sa venuje len málo autorov. Možno tu spomenúť napr. štúdiu dlhodobých zrážkových úhrnov vo viacerých klimatologických staniciach Belgicku (Vaes a kol., 2002), pričom autori nezistili žiadne významné trendy v krátkodobých úhrnoch dažďov. Velpuri, Senay, 2013 skúmali dlhodobé trendy zrážok a odtoku, od roku 1950 do 2009, na 62 mestských povodiach pokrývajúcich 21 veľkých mestských centier v Spojených štátoch. Výsledky testu významnosti trendu ukázali, že iba päť z 21 mestských centier v Spojených štátoch vykazuje rastúci trend zrážok. Najvyššie zmeny nárastu zrážok boli pozorované v mestskom

povodí Houstonu. Štúdia kanadských autorov Adamowski a Bougadis (2003) poukázala na výskyt trendov 5- a 10- minútových úhrnov dažďov v šiestich z ôsmich analyzovaných regiónov v Kanade. Naopak, pre denné úhrny dažďov autori nepozorovali žiaden trend v ich vývoji. Rovnaké poznatky čo sa týka trendov denných úhrnov uvádzajú i autori Santos a Fragoso (2013), ktorí sa zamerali na skúmanie priestorovej a časovej variability vybraných zrážkových indexov v severnom Portugalsku. Mann-Kendallov neparametrický test aplikovali na detekciu významnosti dlhodobých trendov úhrnov zrážok vo vlhkých dňoch, 1-dňových zrážok ≥1 mm, počtu dní s množstvom zrážok ≥ 30 mm; pričom v štúdii analyzovali ročné a sezónne trendy dažďov. Výsledky ukázali pokles extrémnych zrážkových indexov počas roka, mierny nárast zistili v priebehu jesene. Romano a Preziosi (2013) na rôznych staniciach na povodí rieky Tiber od roku 1952 do roku 2007 skúmali ročné a sezónne denné úhrny zrážok, počet daždivých dní, intenzitu, maximálne denné zrážky. Výsledky ukázali klesajúci trend v ročných úhrnoch zrážok (-8%) a najmä klesajúci trend v zimnej sezóne (-16%). Naopak maximálne denné intenzity zrážok neukazujú významné trendy.

Cieľom tejto štúdie bolo testovanie vývoja a zmien trendov špecifických výdatností dažďa na klimatologickej stanici Hurbanovo. Trendy krátkodobých úhrnov dažďov boli testované na štatistickú význam-nosť pomocou Mann-Kendallovho testu. Následne sa odvodzovali metódou jednoduchého škálovania škálovacie koeficienty a porovnávali sa zmeny ich hodnôt pre rôzne dlhé obdobia pozorovania.

Metodika

Dlhodobé zmeny v priemernom správaní sa časového radu ako je napr. dlhodobý rast alebo dlhodobý pokles zachycuje trend. Vzniká ako dôsledok síl, systematicky pôsobiacich v rovnakom smere.

Pre testovanie trendov v prírodných časových radoch je široko používaný Mann-Kendallov test trendu (Kendal, 1975). Je jedným z najčastejšie používaných neparametrických testov určených na analýzu významných trendov v časových radoch údajov. Založený je na korelácii medzi zoradením časových radov a ich časovým usporiadaním. Pre časové rady $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ je štatistický test daný vzťahom (Yue a kol., 2012):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

kde platí, že

$$\operatorname{Sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & x_j - x_k > 0 \\ 0, & x_j - x_k = 0 \\ -1, & x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Testovacia štatistika *S* nadobúda približne normálne rozdelenie pri časových radoch $n \geq 8$ a jej variancia je daná vzťahom:

$$\mathrm{VAR}(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{g} t_p(t_p-1)(2t_p+5)\right] \quad (3)$$

kde *g* je počet viazaných skupín (skupina dát s rovnakou hodnotou), t_p je počet čísel s rovnakou hodnotou v skupine $p=1...g$.

Štatistickú významnosť trendu hodnotíme pomocou charakteristiky *Z*, ktorá má normálne rozdelenie. Štandardizovanú štatistiku *Z* určuje vzťah:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S)}} & \text{pre } S > 0 \\ 0 & \text{pre } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\mathrm{Var}(S)}} & \text{pre } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Znamienko charakteristiky *Z* udáva orientáciu trendu. Ak $Z > 0$ ide o rastúci trend, podmienka $Z < 0$ určuje klesajúci trend (Yue a kol., 2012). Štandardizovaná Mann-Kendall charakteristika *Z* rovná nule, udáva, že dáta sú distribuované normálnym rozdelením so strednou hodnotou nula a rozptylom určeným nulovou hypotézou (neexistuje trend).

Pre testovanie štatistickej významnosti testovaných trendov vychádzame z nižšie uvedených podmienok, pričom v hydrologickej praxi sa pre určenie štatistickej významnosti testovaných trendov vyžíva 90% významnosť (80% <1,28; -1,28>; 85% <1,44; -1,44>; **90% <1,64; -1,64>;** 95% <1,96; -1,96>)

Na spracovanie údajov o zrážkových úhrnoch za kratšie časové obdobie napr. ako jeden deň (minúty, hodiny a pod.) sa vo svete vyvinuli viaceré matematicko – štatistické metódy, ako je napríklad metóda jednoduchého škálovania zrážok.

V rámci inžinierskej hydrológie bola metóda jednoduchého škálovania zrážok použitá napr. v štúdiách autorov Lovejoy a Schetzer (1985), Burlando a Rosso (1996), Veneziano a Furcolo (2002), Aronica a Freni (2005). Prvé výsledky pomocou metódy jednoduchého škálovania boli publikované v dielach autorov Koutsoyiannis, a kol. (1998), Menabde, a kol. (1999), Yu, a kol. (2004).

Pri určovaní škálovacích vlastností sme aplikovali všeobecný vzťah, ktorý navrhol Koutsoyiannis a kol. (1998), kde na základe empirických dôkazov má premenná *Id* nasledovnú škálovaciu vlastnosť, označovanú ako jednoduché škálovanie (Menabde, 1999):

$$I_d \overset{dist}{=} \lambda^{-\beta} I_{\lambda d}, \quad (5)$$

kde rovnosť chápeme ako rovnosť pravdepodobnostných rozdelení pričom:

- β - škálovací koeficient,
- λ - škálovací parameter, násobiteľ doby trvania *d* na λd hodín
- $I_{\lambda d}$ - intenzita zrážok pre trvanie λd hodín.

Škálovací koeficient β sme určili pre kompletné a skrátené obdobia pozorovaní na stanici Hurbanovo a následne sme pomocou neho odhadli návrhové hodnoty dažďa pre rôzne nami stanovené periodicity a trvania.

Vstupné údaje

Na testovanie zmeny trendov a škálovacích koeficientov krátkodobých úhrnov dažďov bola pre túto prácu vybraná klimatologická stanica Hurbanovo s pozorovacím radom od roku 1961 do 2009. Na porovnanie zmien trendov a škálovacích koeficientov bolo obdobie pozorovaní rozdelené na obdobia 1961 – 1990; 1990 – 2009 a kompletné obdobie pozorovaní 1961-2009. Vstupné údaje pozostávali z radov ročných maxím špecifických výdatností zrážok v l/s/ha pre trvania 5, 10, 15, 30, 40, 50, 60, 120, 240 a 1440 minút, za obdobie apríl, máj, jún, júl, august, september, október a teplý polrok. Stanica bola vybraná ako stanica s dlhým a kvalitným radom pozorovaní.

Výsledky

V štúdii sme v prvom kroku analyzovali trendy maximálnych ročných špecifických výdatností dažďa na klimatologickej stanici Hurbanovo v mesiacoch apríl až október a tiež pre celý teplý polrok pre trvania od 5 do 1440 minút, pre celé (1961-2009) a pre pozorovacie obdo-bia 1961-1990; 1990-2009. Analýzy trendov špecific-kých výdatností dažďa sú spracované v tabuľke 1 („+"rastúci trend a „-" klesajúci trend, šedou farbou je označený významný trend na hladine významnosti 90%).

Zo sumarizácie výsledkov v tabuľke 1 môžeme skonštatovať, že na klimatologickej stanici Hurbanovo počas všetkých v trvaní v analyzovaných mesiacov aj počas všetkých období pozorovaní prevažuje rastúci trend špecifických výdatností dažďov. Klesajúci trend špecifických výdatností dažďa pozorujeme najmä v kratších trvaniach od 5 do 30 minút alebo počas trvania 1 deň pre skrátené pozorovacie obdobia. Výnimkou sú mesiace jún a júl v pozorovacom období 1961-1990, kedy sa klesajúci trend špecifických výdatností dažďa vyskytuje v trvaní od 5 do 1440 minút. V pozorovacom období 1961-1990 pozorujeme klesajúci trend najmä v trvaní jeden deň. V tomto pozorovacom období sa vyskytuje rastúci trend počas celého trvania v mesiacoch jún, august a september.

Tabuľka 1 Sumarizácia trendov špecifických výdatností dažďa a znázornenie ich významnosti (šedá farba) počas a)kompletného (1961-2009) a skráteného pozorovacieho obdobia b)1961-1990, c) 1990-2009 na stanici Hurbanovo

Table 1 Summary of rainfall intensities trends and their significance (gray color) during a) whole (1961-2009) and shortened observation period b) 1969-1990, c) 1990-2009 at the Hurbanovo station

Hurbanovo		Trvanie [min]										
Mesiac		5	10	15	30	40	50	60	120	180	240	1440
Apríl	a)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
	b)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Máj	a)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
	b)	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Jún	a)	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+
	b)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Júl	a)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	b)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	c)	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+
August	a)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
September	a)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Október	a)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	c)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teplý polrok	a)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	c)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

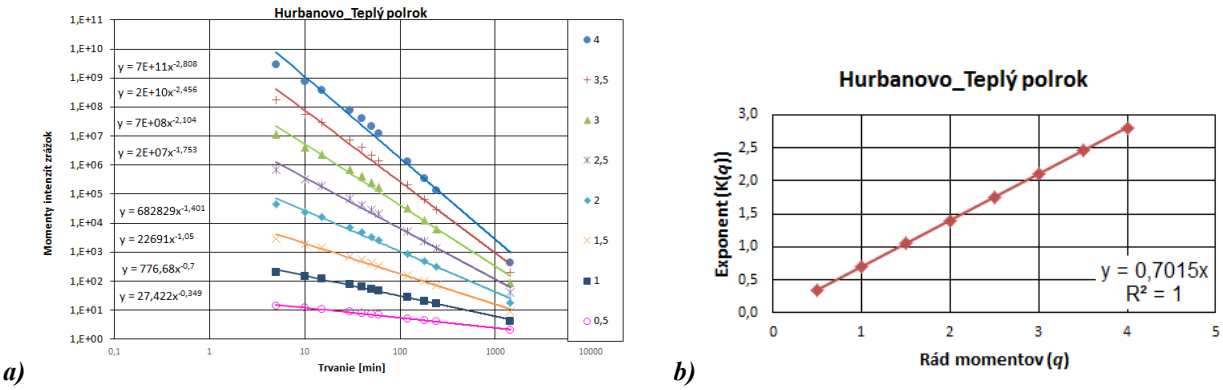
V auguste pozorujeme rastúci trend špecifických výdatností dažďa počas všetkých analyzovaných trvaní dažďa v pozorovacích obdobiach 1961-2009, 1990-2009 a v období 1961-1990 od 10 do 240 minút. V septembri a októbri sa rastúci trend vyskytuje vo všetkých analyzovaných pozorovacích obdobiach okrem rokov 1961-1990, kedy v septembri v trvaní dažďa1deň a v októbri od 5 do 1440 minút, pozorujeme klesajúci trend špecifických výdatností dažďa. Trendy špecifických výdatností dažďa nemajú rovnaký charakter počas analyzovaných období pozorovaní v žiadnom z jednotlivých mesiacov.

Z vyhodnotenia významnosti trendov špecifických výdatností dažďa podľa Mann – Kendallovho testu trendu na hladine významnosti 90% môžeme usúdiť, že sa v mesiacoch apríl až august nevyskytli žiadne významné trendy špecifických výdatností dažďov. Významný rastúci trend dažďa pozorujeme v mesiaci september v trvaní od 1 hodiny do 1 dňa v pozorovacích obdobiach 1961-2009 a 1990-2009, v mesiaci október v trvaní od 10 do 60 minút v období 1961-2009, významný klesajúci trend pozorujeme v rovnakom trvaní pre obdobie pozorovania 1990-2009. V období pozorovania 1961-1990 sa v mesiacoch apríl až október nevyskytli žiadne významné trendy špecifických výdatností dažďa, až počas teplého polroka pozorujeme významný klesajúci trend v trvaní dažďa od 5 do 10 minút.

V druhom kroku boli pomocou metodiky jednoduchého škálovania následne odvodené hodnoty škálovacích koeficientov pre analyzované pozorovacie obdobia v mesiacoch apríl až október a pre celé obdobie teplého polroka. Pre názornosť uvádzame na obr. 1 ako príklad a) určenie závislosti momentov špecifických výdatností od trvania b) stanovenie vzťahu medzi sklonom regresných priamok a rádom momentov intenzít krátkodobých dažďov pre teplý polrok počas celého obdobia pozorovania na stanici Hurbanovo.

Prehľad jednotlivých hodnôt škálovacích koeficientov pre klimatologickú stanicu Hurbanovo počas skrátených období a celého obdobia pozorovania je zhrnutý v tabuľke 2.

Z výsledkov jednotlivých škálovaní pre kompletné a pre skrátené pozorovacie obdobia môžeme usúdiť, že dĺžka radu pozorovaní a rovnako aj analyzované obdobie má vplyv na odhad hodnôt škálovacích koeficientov.



Obr. 1 a) Škálovanie momentov maximálnych špecifických výdatností dažďov, b) závislosť medzi exponentmi regresných priamok a rádom momentov pre teplý polrok na stanici Hurbanovo. (1961-2009.)

Fig. 1 a) Relationship between moments and duration of rainfall intensities, b) relationship between the slope of the regression lines and a series of moments for warm season at the Hurbanovo station. (1961-2009).

Tabuľka 2 Hodnoty škálovacích koeficientov pre jednotlivé mesiace a celé obdobie teplého polroku (a) celé a skrátené pozorovacie obdobie b)1961-1990, c) 1990-2009 na stanici Hurbanovo

Table 2 Values of scaling exponents for analysed months and whole warm season (a) whole, and shortened observation period b) 1961-1990, c) 1990-2009 at the Hurbanovo station

Stanica		Škálovací koeficient							
		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	TP
Hurbanovo	a)	0,598	0,691	0,7035	0,724	0,7125	0,646	0,566	0,702
	b)	0,5958	0,703	0,7035	0,758	0,735	0,660	0,568	0,711
	c)	0,592	0,661	0,692	0,6735	0,676	0,632	0,545	0,671

Pre klimatologickú stanicu Hurbanovo hodnota škálovacieho koeficienta narastá od mesiaca apríl po júl a klesá od augusta do októbra pri všetkých dĺžkach pozorovacieho radu. Výnimkou je pozorovacie obdobie 1990-2009, kedy hodnota škálovacieho koeficienta v mesiaci júl klesla. Rovnakú hodnotu škálovacieho koeficienta sledujeme v obdobiach pozorovaní 1961-2009 a 1961-1990 v mesiaci jún (0,7035). Najvyššie hodnoty škálovacích koeficientov sa vyskytujú v pozorovacom období 1961-1990.

Zo štatistického vyhodnotenia škálovacích koeficientov vyplýva, pre analyzované obdobia možno konštatovať, že minimálna hodnota škálovacieho koeficienta (0,5453) je zaznamenaná pre obdobie pozorovania 1990-2009, maximálna v období pozorovania 1961-1990 (0,7580). Priemerné hodnoty škálovacieho koeficienta sa pohybovali v rozmedzí od 0,643, (v pozorovacom období 1990-2009) do 0,679 (v pozorovacom období 1961-1990). Rozdiely v hodnotách minimálneho, maximálneho a priemerného škálovacieho koeficienta sú pre jednotlivé pozorovacie obdobia minimálne. Následne sa vykonala analýza vplyvu škálovacieho koeficienta na návrhové hodnoty krátkodobých dažďov pre mesiac júl, pretože v tomto mesiaci sú hodnoty škálovacích koeficientov pre jednotlivé pozorovacie obdobia navyššie. Z tejto analýzy vyplýva, že rozdiely medzi škálovacími koeficientmi pre obdobia 1961-1990 a 1990-2009, predstavujú 0,07% rozdiel v odhade návrhových hodnôt dažďa.

Záver

Cieľom práce bolo testovanie zmeny trendov a škálovacích koeficientov krátkodobých úhrnov dažďov na stanici Hurbanovo s pozorovacím radom od roku 1961 do 2009, pre skrátené (1961–1990, 1990-2009) a kompletné (1961–2009) obdobia pozorovaní. Trendy špecifických výdatností dažďa sme testovali pre zvolené intenzity dažďov v mesiacoch apríl až október a pre celé obdobie teplého polroku. Na analýzu významnosti trendov v časových radoch bol použitý neparametrický Mann-Kendallov test (Kendal, 1975).

Na základe nadobudnutých výsledkov môžeme skonštatovať, že na klimatologickej stanici Hurbanovo počas všetkých trvaní v analyzovaných mesiacoch aj počas všetkých analyzovaných období pozorovaní prevažuje rastúci trend špecifických výdatností dažďov, avšak významný rastúci trend dažďa pozorujeme len v mesiaci september v trvaní od 1 hodiny do 4 hodín v pozorovacích obdobiach 1961-2009 a 1990-2009, v mesiaci október v trvaní do 60 minút v pozorovacom období 1961-2009. Významný klesajúci trend pozorujeme od 10 do 60 minút pre obdobie pozorovania 1990-2009. V teplom polroku sa významný klesajúci trend vyskytuje iba v období pozorovania 1961-1990 v trvaní dažďa od 5 do 10 minút.

V ďalšom kroku sme pomocou metodiky jednoduchého škálovania zrážok odvodili hodnoty škálovacích koeficientov. Hodnota škálovacieho koeficienta narastala od mesiaca apríl do júl a klesala od augusta do októbra pri všetkých dĺžkach pozorovacieho radu. Rovnakú hodnotu škálovacieho koeficienta sledujeme v obdobiach pozorovaní 1961-2009 a 1961-1990 v mesiaci jún, 0,7035. Najvyššie hodnoty škálovacieho koeficienta sa vyskytli v pozorovacom období 1961-1990, z čoho predpokladáme väčší výskyt intenzít krátkodobých dažďov oproti pozorovaciemu obdobiu 1990-2009. Maximálna hodnota škálovacieho koeficienta je 0,7580 pozorovaná v období 1961-1990, minimálna 0,5453 odhadnutá pre obdobie pozorovania 1990-2009 a priemerná hodnota škálovacieho koeficienta sa pohybuje v rozmedzí od 0,6428 do 0,6792 pre všetky pozorovacie mesiace a obdobia. Rozdiely v štatistických charakteristikách škálovacích koeficientov sú pre analyzované mesiace v jednotlivých pozorovacích obdobiach minimálne.

Poďakovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore MŠVVa Š SR v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt:Univerzitný vedecký park STU Bratislava (UVP STU Bratislava), IMTS 26240220084, spolufinacovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Táto práca bola tiež podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV- 003-11 a projektom VEGA 1/0710/15. Autori ďakujú za podporu pri tvorbe tohto príspevku.

Literatúra

Adamowski, K., Bougadis, J. (2003). Detection of trends in annual extreme rainfall. Hydrological processes, 17, 3547-3560.

Aronica, G.T., Freni, G. (2005). Uncertainty analysis of the influence of rainfall time resolution in the modelling of urban drainage systems. Hydrological Processes 19, 1055–1071.

Burlando, P., Rosso, R. (1996). Scaling and muliscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. Journal of Hydrology, 1996, vol. 187, no. 1, 45-64.

Kendall, M. G. (1975). Rank Cerrelation Methods. London, Griffin, 1975.

Koutsoyiannis, D., Kozonis, D. & Manetas, A. (1998). A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. J. Hydrol., 206, 118-135.

Lovejoy, S., Schetzer, D. (1985). Generalized scale invariantce and fractal models of rain. Water Recources Research, 21, 1233-1250.

Menabde, M., Seed, A. & Pegram, G. (1999). A simple scaling model for extreme rainfall. Water Resour. Res., 35(1), 335–339.

Romano E., Preziosi E. (2013). Precipitation pattern analysis in the Tiber River basin (central Italy) using standardized indices. Int. J. Climatol., 33, 2013, 1781–1792.

Santos M., Fragoso M. (2013). Precipitation variability in Northern Portugal. Data homogenity assessment and trends in extreme precipitation indices. Atmospheric Research 131, 2013, 34-45.

Vaes, G., Willlems, P., Berlamont, J. (2002). 100 years of Belgian rainfall: are there trends? Water Science and Technology, 45, 55-61.

Velpuri N. M.; Senay G. B. (2013). Analysis of long-term trends (1950-2009) in precipitation, runoff and runoff coefficient in major urban watersheds in the United States. Environ. Res. Lett. 8, 2013, 024020, 6pp.

Veneziano, D., Furcolo, P. (2002). Multifractality of rainfall and scaling of intensity duration frequency curves. In Water Resources Research, 38, 12, 1306-?.

Yu, P.-Sh., Yang, T.-Ch. & Lin, Ch.-Sh. (2004). Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. Journal of Hydrology. 295(1-4), 108–123.

Yue, S., Kundzewicz, Z. W., Wang, L. (2012). Detection of Changes . Changes in Flood risk in Europe, Chap.2, 11-26. 2012, IAHS special publication

TESTING CHANGES IN TRENDS AND SCALING EXPONENTS OF SHORT-TERM RAINFALL AT THE HURBANOVO STATION

The aim of this study was to test the changes in trends and scaling coefficients of short-term rainfalls for the shortened (1961-1990, 1990-2009) and complete (1961-2009) observation period at the Hurbanovo station. Trends of rainfall intensities were estimated for the months of April to October and for the whole warm period. To analyze the significance of trends in the time series, nonparametric Mann-Kendall test was applied (Kendall, 1975). During all periods and months analyzed, predominates rising trend of rainfall intensities was observed. A significant rising trend of rainfall was observed only in September for a period of from 1 hour to 4 hours in observation periods 1961-2009 and during 1990-2009, and in October for up to 60 minutes in the observation period 1961-2009. In the next step we used a simple scaling methodology to derive scaling exponents. Values of scaling exponents were increasing from April to July and decreasing from August to October in all of observation periods. Differences in minimum, maximum and average scaling exponents are very low.

Ing. Karolína Zechelová,
Ing. Zuzana Ďurecová,
Prof. Ing. Silvia Kohnová, PhD.
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave
Radlinského 11
813 68 Bratislava
E-mail: karolina.zechelova@stuba.sk
silvia.kohnova@stuba.sk