

**ANALÝZA BUDÚCICH ZMIEN V CHARAKTERISTIKÁCH
ÚHRNOV ATMOSFÉRICKÝCH ZRÁŽOK KRÁTKODOBÝCH DAŽĎOV
NA KLIMATOLOGICKEJ STANICI MYJAVA**

Gabriel Foldes, Silvia Kohnová, Romana Marková

Práca sa zameriava na analyzovanie budúcich zmien v intenzitách krátkodobých úhrnov atmosférických zrážok na klimatologickej stanici Myjava v severnej oblasti Západného Slovenska. Analýza zmien bola detektovaná na trendoch a škálovacích koeficientoch krátkodobých intenzít dažďov pre jednotlivé mesiace teplého polroku. Pre analýzu boli použité výstupy štyroch regionálnych klimatických scenárov za obdobie rokov 2070 – 2100. Na porovnanie zmien boli vyhodnotené aj reálne namerané hodnoty úhrnov atmosférických zrážok za obdobie rokov 1995 – 2009. Testovanie trendov bolo vykonávané na trvaniach 60, 120, 180, 240 a 1440 minút pričom bol použitý Mann-Kendallov test trendu. Pomocou jednoduchého škálovania boli odhadnuté škálovacie koeficienty dažďov a porovnané sa s hodnotami historického obdobia. Výrazné zmeny v trendoch sa do budúcnosti prejavili vo väčšine scenárov s prevládajúcim klesajúcim charakterom. Analýza škálovacích koeficientov preukázala zmeny iba v mesiacoch jún a august, pričom sa predpokladá nárast v návrhových hodnotách úhrnov zrážok v týchto mesiacoch.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: úhrn zrážok, intenzita krátkodobých dažďov, Mann-Kendallov test trendu, RCM scenáre

ANALYSIS OF FUTURE CHANGES IN THE CHARACTERISTICS OF SHORT-TERM RAINFALLS AT THE MYJAVA CLIMATOLOGICAL STATION. The work focuses on the analysis of the future changes in the intensity of short term rainfall at the Myjava climatological station in the northern region of Western Slovakia. Analysis of future changes of trends and scaling coefficients was detected on the intensities of short-term rainfall for the months of the warm period. Four regional climate scenarios were used for the period 2070–2100. To compare the changes the real measured rainfall depths for the period 1995–2009 were also evaluated. Trend testing was performed for durations 60, 120, 180, 240 and 1440 minutes by using Mann-Kendall trend test. Scaling coefficients of rainfall depths was determinate by using the simple scaling method and were compared with the values of the historical period. In trends significant trends were detected in most simulations. Detected significant trends have prevailing decreasing tendency. Analysis of scaling coefficients showed changes only in June and August, where the increasing design values of rainfall depths were determined.

KEY WORDS: Short-term rainfall, Trend analysis, Scaling, Design values, RCM scenarios

Úvod

Náhle extrémne zrážky s krátkym trvaním sa stále častejšie vyskytujú naprieč Európou. Extrémne zrážky sa preto stali jedným z najčastejšie sa vyskytujúcim prírodným rizikom aj na Slovensku. Počas búrok sa pozorujú vysoké krátkodobé úhrny atmosférických zrážok. Následkami intenzívnych zrážok sú bleskové povodne a s nimi spojené veľké ekonomicke škody. Analýzy a testovanie zmien v charakteristikách krátko-

dobých dažďov získalo veľkú pozornosť nedávno, najmä po citelných zmenách v životnom prostredí v dôsledku globálneho otepľovania. Odráža sa to vo veľkom počte štúdií uskutočnených v poslednom desaťročí, ktoré sa zaobrajú hodnotením významu a sezónnosti trendov v rôznych časových radoch ako aj teploty, odparovania, zrážok, prietokoch a kvality vody, napr. budúce zmeny v intenzitách a frekvencii extrémnych zrážok s krátkym trvaním (Westra et. al., 2014), zachovanie dažďových vlastností v stochastickom

rozdelení jednoduchým náhodným kaskádovým modelom (Molnar P., Burlando P., 2005). Štatistické posúdenie významnosti stúpajúcich a klesajúcich trendov v úhrnoch zrážok popisuje Mann – Kendallov test trendu (Kendall, 1955; Mann, 1945), významnosť je určovaná podľa trvalého zvyšovania alebo znižovania premenných v čase.

Jednoduchým škálovaním sa spracovávajú údaje o zrážkových úhrnoch za kratšie časové obdobie ako jeden deň, škálovaním je možné určenie návrhových hodnôt pre trvania kratšie ako jeden deň pre zvolené doby opakovania využitím denných záznamov úhrnov zrážok. V štúdiach na Slovensku boli testované škálovacie koeficienty ako napr. škálovanie intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku (Bara a kol., 2010), jednoduché škálovanie extrémnych zrážok na Slovensku (Bara a kol., 2008), odvodnenie škálovacích exponentov intenzít dažďov pre jednotlivé mesiace teplého polroku vo vybraných staniciach oblasti severovýchodného Slovenska (Látečková a kol., 2011).

Je preto dôležité zaoberať sa otázkou dopadu zmeny klímy na vlastnosti krátkodobých dažďov a to v otázkach prispôsobovania sa k zmenám klímy, zabránieniu poškodeniu majetkov, ujmám na životoch a minimalizovanie ekonomických škôd.

Materiál a metódy

Klimatické modely a scenáre klimatických zmien

Klimatické modely sú numerické modely (General Circulation Models, GCM a Regional Climate Models, RCM) predstavujú fyzikálne procesy v atmosféri, oceáne, kryofére a na zemskom povrchu, sú najmodernejším nástrojom v súčasnej dobe, ktoré máme k dispozícii pre simuláciu odozvy globálneho klimatického systému ku zvyšovaniu sa koncentrácie skleníkových plynov.

Globálne klimatické modely (GCM) zobrazujú atmosféru pomocou trojrozmernej siete po celom svete, ich rozlíšenie je hrubé vzhľadom na rozsah expozičných celkov vo väčšine hodnotení vplyvov. Preto sú pre prácu vo vymedzených záujmových oblastiach používané regionálne klimatické modely (RCM), ktoré pracujú so zvýšením rozlíšenia GCM. Môžu pokryť plochu o veľkosti 5000 x 5000 km. Celé GCM určuje vo veľkej miere účinky zmien koncentrácie skleníkových plynov a sopečných erupcií na globálnu klímu. Klíma počítaná GCM slúži ako vstupná okrajová podmienka pre RCM pri faktoroch, ako je teplota a vietor. RCM potom rieši miestne vplyvy dané vo väčších mierkach ako sú: informácie o orografií a využívaní pôdy, o počasí a klimatických údajoch v maximálnom rozlíšení zvyčajne 50 km, 25 km, a menej (IPCC, 2013; Regional climate models, 2014)..

V roku 2000 boli vydané scenáre klimatických zmien SRES medzivládnym panelom na klimatické zmeny (IPCC). Boli konštruované na preskúmanie budúceho vývoja hnacích súčin v globálnom prostredí s osobitným odkazom na produkciu skleníkových plynov a emisií

aerosólov. Obsahujú 4 výpovedné dejey popisujúce vzťahy medzi hnacími silami skleníkových plynov a aerosólov, a ich vývoj v priebehu 21. storočia pre veľké regióny a svet. Deje kombinujú dve sady rozdielnych tendencií a pohybujú sa medzi silnými ekonomickými hodnotami, environmentálnymi hodnotami, rastúcou regionalizáciou a rastúcou globalizáciou. Pre potrebu nových scenárov boli v roku 2010 vypracované nové súbory scenárov pre uľahčenie budúceho hodnotenia zmeny klímy. Vytvorené boli súbory obsahujúce trasy emisií, koncentrácie a využitie územia, ktoré sa označujú ako reprezentatívne cesty koncentrácie (RCP – representative concentration pathways). Hlavným účelom rozvoja RCP je poskytnúť informácie o možných vývojových trajektoriách pre hlavných hnacích činiteľov klimatických zmien. Na rozdiel od SRES, scenáre RCP nešpecifikujú sociálno-ekonomicke scenáre, ale predpokladajú cesty k rôznym cieľovým radiačným žiareniám na konci 21. storočia.

Použité metódy

Mann – Kendallov test trendu

Cieľom testu je štatistické posúdenie významnosti stúpajúceho alebo klesajúceho trendu vybranej veličiny v čase. Významnosť stúpajúceho či klesajúceho trendu znamená, že premenná sa trvalo zvyšuje či znižuje v čase, ale trend môže, ale nemusí byť lineárny. Test skúma zamietnutie nulovej hypotézy (H_0) a prijatie alternatívnej hypotézy (H_a), pričom H_0 je nemonotónny trend a H_a je monotonónny trend (Kendall, 1955; Mann, 1945). Testovacia štatistika je daná vzťahom Z štandardizovanej štatistiky:

$$Z_{MK} = \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} \text{ ak } S > 0 \quad (1)$$

$$Z_{MK} = 0 \text{ ak } S = 0 \quad (2)$$

$$Z_{MK} = \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} \text{ ak } S < 0 \quad (3)$$

kde

S – testovacia štatistika.

V prípade ak je Z rovné nule trend neexistuje. Ak je $Z>0$ trend je rastúci, ak $Z<0$ trend je klesajúci.

Jednoduché škálovanie

Metodu jednoduchého škálovania je možné aplikovať na vzťah medzi intenzitou, trvaním a periodicitou zrážok tzv. IDF vlastnosti. Používa sa na spracovanie údajov o zrážkových úhrnoch za kratšie časové obdobie ako jeden deň. Jednoduché škálovanie spočíva v určení návrhových hodnôt pre trvanie kratšie ako jeden deň a pre zvolenú dobu opakovania využitím denných záznamov úhrnov zrážok, ktoré sú bežne k dispozícii. V určovaní škálovacích vlastností zrážok sa vychádza zo všeobecného tvaru vzťahu IDF (Koutsoyiannis,

Foufoula-Georgiu, 1993).

Na základe empirických dôkazov náhodná premenná I_d má nasledovnú škálovaciu vlastnosť (Menabde et al., 1999; Yu et al., 2004; Burlando, Rosso, 1996):

$$I_d^{\text{dist}} = \lambda^{-\beta} I_{\lambda d} \quad (4)$$

alebo

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

kde rovnosť $=$ je chápána v zmysle rovnosti pravdepodobnostných rozdelení, pričom β predstavuje škálovací exponent a λ je škálovací parameter. λ je násobiteľ na premenenie doby trvania d na λd hodín. λd reprezentuje intenzitu zrážok pre trvanie λd hodín (Yu et al., 2004). V ekvivalentnej formulácii $\lambda = D/d$, pričom d je trvanie zrážok pre jednotku času so známou intenzitou zrážok (najčastejšie 1 deň) a D je trvanie zrážok pre zvolenú časovú jednotku (t.j. λd hodín) (Menabde et al., 1999). Škálovací exponent βn je možné odhadnúť pomocou lineárnej regresie zo sklonu medzi zlogaritmovanými hodnotami momentov ($\log E[I_{\lambda d}^n]$) a škálovacích parametrov ($\log \lambda$) pre rôzne rády momentov (n). Ak medzi škálovacím exponentom a rádom momentu existuje lineárna závislosť, tak $\beta n = n\beta 1$, kde $\beta 1$ je škálovací exponent prvého rádu. Táto vlastnosť je označovaná ako jednoduché škálovanie v širšom zmysle (wide sense simple scaling). (Koutsoyiannis D., Foufoula-Georgiou E., 1993) Základný vzťah pre určenie škálovacieho koeficientu:

$$E[I_{\lambda d}^n] = \lambda^{\beta n} E[I_d^n], \quad (6)$$

kde

$\beta n = n\beta$ – škálovací exponent n -tého rádu,

λ – škálovací parameter.

Vstupné údaje

Vstupné údaje tvorili údaje krátkodobých intenzít dažďov trvania 60 min až jeden deň pre klimatologickú

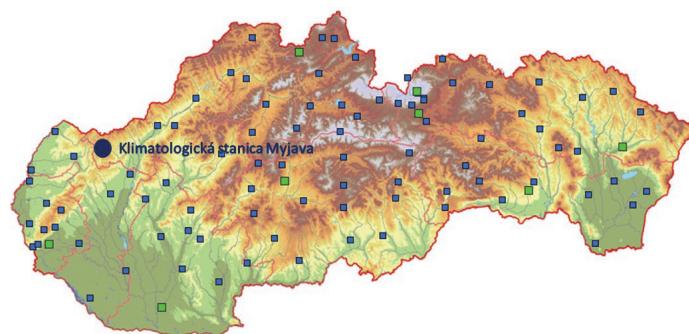
stanicu Myjava, pre obdobie 1995 – 2009 poskytnuté SHMÚ. Pre obdobie 2070 – 2100 boli k dispozícii výstupy úhrnov zrážok v hodinovom kroku zo simulácií použitím RCM scenárov, poskytnuté pracovníkmi Katedry vodního hospodárství a environmentálneho modelovania na Českej Zemnědelskej Univerzite v Prahe. Simulácia RACMO2 a RACMO22E boli vytvorené Královským holandským meteorologickým inštitútom, RACMO2 pracuje na základe scenára klimatických zmien SRES, simulácia RACMO22E na základe scenárov klimatických zmien RCP 4.5 a RCP 8.5. Priestorové rozlíšenie týchto simulácií je 25 km. Simulácia SHMIRCA4 bola vytvorená Švédskym meteorologickým a hydrologickým inštitútom a pracuje na základe scenárov klimatických zmien RCP 4.5 a RCP 8.5 a s priestorovým rozlíšením 50 km. Simulácia HadRM-3Q0 bola vytvorená inštitútom Met Office Hadley Centre v Veľkej Británii, pracuje na základe scenára klimatických zmien SRES s priestorovým rozlíšením 25 km. Úhrny zrážok boli analyzované pre intenzitné trvania 60, 120, 180, 240 a 1440 min.

Záujmová oblasť sa nachádza na severe západného Slovenska, na Myjavskej pahorkatine. Z hľadiska klimatických pomerov možno oblasť zaradiť do mierne teplej klimatickej oblasti s horskou klímom s priemernou ročnou teplotou vzduchu $8,7^{\circ}\text{C}$ a s priemerným úhrnom zrážok 600 až 750 mm (meteoinfo.sk).

Výsledky a diskusia

Štúdia sa zaobráva analýzou budúcich zmien v charakteristikách úhrnov krátkodobých zrážok, predovšetkým zmeny v trendoch a ich významnosti, ako aj v hodnôtach škálovacích koeficientov analyzovaných na základe výstupov regionálnych scenárov zmeny klímy do roku 2100. Analýza bola vykonaná v klimatickej stanici Myjava, pre mesiace apríl až október, pre intenzitné trvania dažďov od 60 do 1440 minút.

Prvým krokom bola analýza zmien trendov krátkodobých intenzít dažďov v jednotlivých mesiacoch pomocou metódy Mann-Kenndalovho testu. Pozorovali sa významnosti trendov na hladine významnosti 90 %. Stúpajúce „+“ alebo klesajúce „-“ trendy krátkodobých intenzít dažďov pre jednotlivé RCM simulácie v stanici Myjava sú summarizované v tab. 1.



Obr. 1. Poloha klimatologickej stanice Myjava na klimatologickej sieti Slovenska.

Fig. 1. Location of the Myjava station in the climatological network of Slovakia (SHMU).

Tabuľka 1. Trendy krátkodobých intenzít dažďov v jednotlivých mesiacoch pre analyzované scenáre na klimatologickej stanici Myjava (modrá – významné trendy)

Table 1. Trends of short-term rainfall intensities for each months in the analysed scenarios in Myjava climatological station (blue – significant trends)

Mesiac	Scenár	60	120	180	240	1440	Mesiac	Scenár	60	120	180	240	1440
4	Reálne pozorovanie	-	-	-	+	-	8	Reálne pozorovanie	-	+	-	-	-
	RACMO2	-	-	-	-	-		RACMO2	-	-	-	-	-
	HadRM-3Q0		-	-	-	-		HadRM-3Q0		-	-	-	-
	RACMO22E-rcp45	-	-	-	-	-		RACMO22E-rcp45	+	-	-	-	-
	RACMO22E-rcp85	-	-	-	-	-		RACMO22E-rcp85	+	+	+	+	+
	SMHI-RCA4-rcp45	+	+	+	+	+		SMHI-RCA4-rcp45	+	-	-	+	-
	SMHI-RCA4-rcp85	+	+	+	+	-		SMHI-RCA4-rcp85	-	+	+	+	+
5	Reálne pozorovanie	+	+	+	+	-	9	Reálne pozorovanie	-	-	+	-	-
	RACMO2	-	-	-	+	+		RACMO2	-	-	-	-	-
	HadRM-3Q0		-	-	-	-		HadRM-3Q0		-	-	-	-
	RACMO22E-rcp45	+	+	+	+	-		RACMO22E-rcp45	+	+	+	+	+
	RACMO22E-rcp85	+	+	+	+	+		RACMO22E-rcp85	-	-	-	-	-
	SMHI-RCA4-rcp45	-	-	-	-	-		SMHI-RCA4-rcp45	-	-	-	-	-
	SMHI-RCA4-rcp85	+	+	+	+	+		SMHI-RCA4-rcp85	+	-	-	-	+
6	Reálne pozorovanie	+	-	-	-	-	10	Reálne pozorovanie	+	+	+	+	-
	RACMO2	-	-	-	-	+		RACMO2	+	+	-	-	+
	HadRM-3Q0		-	-	-	-		HadRM-3Q0	+	+	+	-	-
	RACMO22E-rcp45	-	-	-	-	-		RACMO22E-rcp45	+	+	+	+	+
	RACMO22E-rcp85	+	-	-	-	-		RACMO22E-rcp85	+	+	+	+	+
	SMHI-RCA4-rcp45	+	-	-	-	+		SMHI-RCA4-rcp45	-	-	-	-	-
	SMHI-RCA4-rcp85	+	+	+	+	+		SMHI-RCA4-rcp85	-	-	-	-	-
7	Reálne pozorovanie	-	+	-	-	-	4-10	Reálne pozorovanie	-	-	-	+	-
	RACMO2	-	-	-	-	-		RACMO2	-	-	-	-	+
	HadRM-3Q0		-	-	-	-		HadRM-3Q0	-	-	-	-	-
	RACMO22E-rcp45	-	+	-	-	-		RACMO22E-rcp45	+	-	-	-	-
	RACMO22E-rcp85	-	-	-	-	-		RACMO22E-rcp85	+	+	+	+	-
	SMHI-RCA4-rcp45	+	+	+	+	+		SMHI-RCA4-rcp45	-	-	-	-	+
	SMHI-RCA4-rcp85	+	+	-	-	+		SMHI-RCA4-rcp85	+	+	+	+	-

Z výsledkov prezentovaných v tabuľke 1 možno konštatovať, že pre budúcnosť (2070 – 2100) prevláda nevýznamný, klesajúci trend krátkodobých intenzít dažďov. Významné trendy sa objavili vo všetkých simulovaných scenároch. V mesiaci máj boli detektované významné stúpajúce trendy, v scenári RACMO22E-rcp85 pre trvanie 120 a 240 min. a v scenári SMHI-RCA4-rcp85 vo všetkých analyzovaných trvaniach krátkodobých intenzít dažďov. V mesiaci jún sa významné trendy detektovali v scenári RACMO22E-rcp45 s klesajúcim charakterom. Kde vzhladom na reálne pozorovania v trvaní 60 min. má trend opačnú teda klesajúcu tendenciu. Ďalšie významné trendy boli detektované v mesiacoch júl a august v scenári HadRM-3Q0 s klesajúcou tendenciou, ktorá zodpovedá reálnym pozorovaniam, jediná zmena oproti reálnym pozorovaniam nastala v trvaní 120 min. v mesiaci august kde v reálnych je pozorovanie stúpajúci trend. Pre mesiac október bol v scenári SMHI-RCA4-rcp45p pre trvanie 1440 min. so stúpajúcim charakterom ktorý má opačnú tendenciu ako v prípade reálnych pozorovaní alebo scenára HadRM-3Q0. V me-

siaci október sa objavili klesajúce významné trendy krátkodobých intenzít dažďov v scenári SMHI-RCA4-rcp45 v trvaniach od 120, 180, 240 a 1440 min., v trvaniach 120 a 1440 je tendencia opačná ako v prípade reálnych pozorovaní kde je detektovaný stúpajúci trend. V teplom polroku 4 – 10 boli určené významné trendy v scenári RACMO2 v trvaniach 60, 120 a 240 min. s klesajúcim charakterom, v trvaní 240 min. s opačnou tendenciou ako v prípade reálnych pozorovaní kde má trend stúpajúci charakter.

Následne boli odvodené škálovacie koeficienty krátkodobých intenzít dažďov pomocou metódy jednoduchého škálovania. Bolo zistené, že najlepšiu škálovaciu vlastnosť vykazovali simulované údaje zo scenára HadRM-3Q0, nakoľko pri použití metódy jednoduchého škálovania v scenári existovala najlepšia lineárna závislosť a hodnoty škálovacieho koeficiente pre scenárovú minulosť boli najbližšie k škálovacím koeficientom reálnych pozorovaní pre teplý polrok. Ostatné simulácie nevykazovali silnú lineárnu závislosť jednoduchého škálovania.

Tabuľka 2. Hodnoty odhadnutých škálovacích koeficientov pre scenár HadRM-3Q0

Table 2. Values of estimated scaling coefficients for the HadRM-3Q0 scenario

Scenár/Mesiac	4	5	6	7	8	9	10	4 do 10
Real. poz.	0,6146	0,7381	0,9128	0,6944	0,7195	0,7415	0,691	0,8372
HadRM-3Q0	0,4227	0,6451	0,6451	0,7741	0,8489	0,5093	0,493	0,7339
rozdiel	-0,1919	-0,0930	-0,2677	0,0797	0,1294	-0,2322	-0,1980	-0,1033

Následne boli pre simuláciu HadRM-3Q0 odvodené škálovacie koeficienty pre jednotlivé mesiace teplého polroku. Najväčšie škálovacie koeficienty boli odhadnuté, ako sa predpokladalo, pre letné mesiace jún 0,7741 a august 0,8489. Škálovacie koeficienty do budúcnosti narastajú, preto je predpoklad zvyšovania návrhových hodnôt úhrnov zrážok krátkodobých dažďov v týchto mesiacoch. V ostatných mesiacoch boli detektované škálovacie koeficienty s hodnotami nižšími ako v prípade reálnych pozorovaní najväčší rozdiel bol určený v mesiaci jún a najnižší rozdiel v mesiaci máj. Jednotlivé škálovacie koeficienty sú uvedené v tabuľke 2.

Záver

Cieľom práce bola analýza budúcich zmien v trendoch a škálovacích koeficientoch krátkodobých intenzít dažďov na klimatologickej stanici Myjava na základe scenárov regionálnych klimatických modelov. Analýza bola vykonaná pre mesiace apríl až október a pre teplý polrok v rokoch 2070 až 2100 a bola porovávaná reálnymi pozorovaniami z rokov 1995 až 2009. Zmeny v trendoch boli určované pomocou Mann-Kendallovho testu trendu. Z výsledkov vyplýva, že v klimatologickej stanici Myjava prevláda klesajúci trend krátkodobých intenzít dažďov vo všetkých analyzovaných mesiacoch pre roky 2070 – 2100. Významné zmeny v trendoch sa prejavili v mesiacoch máj, júl, august a október. V scenároch RACMO2, RACMO22E a HadRM-3Q0 väčšina trendov mala rovnakú tendenciu ako v prípade reálnych pozorovaní, v scenároch SHMI-RCA4-rcp45 a rcp85 boli významné trendy opačné ako v prípade reálnych pozorovaní čo môže byť spôsobené väčším priestorovým rozlíšením týchto scenárov. Pre scenár HadRM-3Q0 boli určené škálovacie koeficienty pre pozorované mesiace, zmeny v škálovacích koeficientoch prevažovali záporné, kladné teda väčšie hodnoty boli pozorované v mesiacoch júl a august, preto je v budúcnosti predpoklad zvýšenia návrhových hodnôt úhrnov zrážok krátkodobých dažďov.

Podčakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV- 15-

0497a projektu VEGA 1/0710/15. Autori ďakujú za podporu pri tvorbe tohto príspevku.

Literatúra

- Bara, M., Kohnová, S., Gaál, L., Szolgay, J., Hlavčová, K. (2010): Škálovanie intenzít krátkodobých dažďov na Slovensku. Ostrava : KEY Publishing, 2010.
- Bara, M.; Gaál, L.; Kohnová, S.; Szolgay, J.; Hlavčová, K. (2008): Simple scaling of extreme rainfall in Slovakia. s.l. : Meteorological Journal, Vol. 11, No. 4, 2008.
- Burlando, P., Rosso, R. (1996): Scaling and multiscaling models of depth-duration-frequency curves for storm precipitation. *Journal of Hydrology*. 187, 1996, s. 45–64.
- IPCC (2013): What is GMC? [Online] 2013. [Dátum: 25. Január 2018.] http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html.
- Kendall, M. G. (1955): *Rank Correlation Methods*. London: Griffin, 1955.
- Koutsoyiannis D., Foufoula-Georgiou E. 1993. A scaling model of storm hyetograph. s.l. : Water Resour. Res. 29, 1993, s. 2345-2361.
- Látečková, J., Kohnová, S., Gaál L., Szolgay, J. (2011): Odvodenie škálovacích exponentov intenzít dažďov pre jednotlivé mesiace teplého polroku vo vybraných staniciach oblasti severovýchodného Slovenska. Bratislava: Acta Hydrologica Slovaca, 2011.
- Mann, H. B. (1945): Nonparametric tests against trend. s.l.: Econometrica, 1945, s. 245 - 259.
- Menabde et. al. (1999): A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resour. Res.* 35, 1999, 1, s. 335-339.
- Meteoinfo.sk (2018): Myjava. [Online], [Dátum: 05. Február 2018.], <http://meteoinfo.sk/stanice/22-myjava>.
- Molnar P., Burlando, P. (2005): Preservation of rainfall properties in stochastic disaggregation by a simple random cascade model. s.l. : Atmospheric Research, Vol. 77, No. 1-4, 2005.
- Regional climate models (2014): Regional climate models. [Online] Climate prediction, 2014. [Dátum: 25. Január 2018.] <http://www.climateprediction.net/climate-science/climate-modelling/regional-models/>.
- Westra, S. H. J.; Fowler, J. P.; Evans, L. V.; Alexander, P.; Berg, F. (2014) Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. s.l.: Rev. Geophys., 52, 2014.
- Yu et al. (2004): Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. *J. Hydrol.* 295, 2004, Zv. 1-4, s. 108-123.

ANALYSIS OF FUTURE CHANGES IN SHORT-TERM RAINFALL CHARACTERISTICS IN CLIMATOLOGICAL STATION MYJAVA

Extreme precipitation of a short duration is increasingly occurring across Europe and has become one of the most common natural hazards. During flash floods, high amounts of intense rainfall are observed, which are often associated with big economic damages. For this reason, it is very important for the future to predict what would change in the characteristics of short-term rainfall depth intensities. With these predictions, a proposal for gradual adaptation to climate change is possible in order to prevent property damage, save lives and minimize economic damage. Testing the significance of the trends observed in hydrological and climatic time series has received a great deal of attention recently, especially after changes have been observed in the natural and human environments due to global warming. This is reflected by a huge number of studies carried out over the last three decades that deal with assessments of the significance of trends in a variety of natural time series, including temperature, evaporation, precipitation, flow, and water quality, e.g. analyses of rainfall intensities in Slovakia, the correlation structure of continuous and discrete point rainfalls, and the preservation of rainfall properties in stochastic disaggregation by a simple random cascade model. In Slovakia the scaling properties of extreme rainfall have been tested in several studies. The scaling properties of extreme rainfall in Slovakia in order to establish the scaling behaviour of statistical moments over different durations were examined.

In this paper several methods were used. For the analysis of trends in rainfall events the Mann-Kendall test was used the purpose of the Mann-Kendall test is to statistically assess the statistical significance of an ascending or descending trend in a selected value over time. The significance of the rising or decreasing trend means that the variable constantly increases or decreases over time. The final step was to estimate the scaling coefficients by using a simple scaling method. A simple scaling method is used to process rainfall data

for a period of time shorter than one day. Simple scaling determines the design values for duration shorter than one day and for a selected time period by using daily rainfall records that are commonly available.

The area of interest is located in north part of western Slovakia, on the territory of Myjavská pahorkatina. The climatic conditions can be classified into a slightly warm climatic region with a mountain climate with an average annual temperature of 8.7 °C with an average rainfall of 600 – 750 mm. The real observed data and data from scenarios based on RCM simulations were used as an input for analysis. There are 6 selected scenarios, namely KNMI-RACMO2, HadRM-3Q0, RACMO22E-rcp4.5, RACMO22E-rcp8.5, SMHI-RCA4-rcp4.5 and SMHI-RCA4-rcp8.5. In each scenario there is a rainfall depth data for duration of 60, 120, 180, 240 and 1440 minutes.

The first step was analysis of changes in trends in individual months by using the Mann-Kendall test. The significance of trends at the 90% level was observed. Decreasing trend is prevailing. Significant trends were observed in the HadRM-3Q0, SMHI-RCA4 and RACMO22E-rcp4.5 and rcp8.5 scenarios in May, July, August and October. The last step in the work, was the determination of scaling coefficients by simple scaling method. Scaling coefficients were determined for HadRM-3Q0 simulation. The largest scaling coefficients were observed in June 0.7741 and August 0.8489. The coefficients in June and August have an increasing tendency for the future and there is an assumption increasing values in the design values of short-term rainfall. In the other analysed months, the scaling coefficients have a decreasing tendency, the same result was detected in the warm period.

There are no major changes in characteristics of short-term rainfall intensities but in the future, it will be necessary to re-evaluate the design values of the rainfall depth intensities when assessing and designing water management structures in this area.

Ing. Gabriel Foldes,
prof. Ing. Silvia Kohnová, PhD.
Ing. Romana Marková
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Stavebná fakulta
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Radlinského 11
810 05 Bratislava 1
Slovenská republika
E-mail: gabriel.foldes@stuba.sk
silvia.kohnova@stuba.sk
romana.markova@stuba.sk