

Analýza budúcich zmien sezónnosti a trendov krátkodobých intenzít dažďov v klimatologickej stanici Bratislava-Koliba

Ing. Gabriel Földes

Anotácia

Práca je zameraná na analýzu budúcich zmien sezónnosti a trendov krátkodobých intenzít dažďov pre oblasť juhozápadného Slovenska. Analýza bola vykonaná pre klimatologickú stanicu 17140 Bratislava-Koliba. Práca pozostáva z analýzy sezónnosti a testovania trendov. Analýza sa vykonávala pre intenzity zrážok trvania 60, 120, 180, 240, 1440 minút pre minulé a budúce scenáre.

Kľúčové slová: úhrn zrážok, intenzita krátkodobých dažďov, Burnov vektor, Mann-Kendallov test trendu,

Annotation

This work is focused on the analysis of future changes in short-term rainfall for the area of Southwestern Slovakia. The analysis was performed for the climatological station 17140 Bratislava-Koliba. This work is consisted of seasonality analysis, trend testing. Analysis were conducted for rainfall event intensities of 60, 120, 180, 240, 1440 minutes long and for the past and future scenarios.

Keywords: rainfall, short-term rainfall intensities, Burn's vector, Mann-Kendall trend test,

Úvod

Súčasný trendy klimatických zmien majú osobitný význam, pretože väčšina z nich je zapríčinená antropogénnou činnosťou. Vplyvy antropogénnych činností majú zvýšený dopad na zmenu teplôt a zrážok. Tieto zmeny sú zapríčinené väčšou koncentráciou skleníkových plynov v atmosfére. Náhle extrémne zrážky s krátkym trvaním sa stále častejšie vyskytujú naprieč Európou. Extrémne zrážky sa preto stali jedným z najčastejšie sa vyskytujúcich prírodných rizík na Slovensku. Počas búrok sa pozorujú vysoké krátkodobé úhrny zrážok. Následkami intenzívnych zrážok sú bleskové povodne a s nimi spojené veľké ekonomické škody.

Pre detegovanie zmien v sezónnosti a výskyte sezónnych extrémnych javov bola použitá metóda Burnovho vektora (Burn, 1997). Metóda opisuje variabilitu dátumu, pri ktorom sa maximálne úhrny zrážok vyskytujú. Štatistické posúdenie významnosti stúpajúcich a klesajúcich trendov v úhrnoch dažďov popisuje Mann – Kendallov test trendu (Mann 1945, Kendall 1975), významnosť je určovaná podľa trvalého zvyšovania alebo znižovania premenných v čase. Predmetom práce je analýza budúcich zmien v charakteristikách intenzít krátkodobých úhrnov dažďov na juhozápade Slovenska. Pre analýzu boli zvolené 4 klimatické modely so scenármi pre minulosť v období od 1960 – 2000 a scenármi pre budúcnosť v období od 2070 až po 2100.

Klimatické modely

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

Globálne klimatické modely (GCM) zobrazujú atmosféru pomocou trojrozmernej siete po celom svete, zvyčajne majú horizontálne rozlíšenie medzi 250 a 600 km, 10 až 20 zvislých vrstiev v atmosfére a v niektorých prípadoch viac ako 30 vrstiev v oceánoch. Ich rozlíšenie je teda celkom hrubé vzhľadom na rozsah expozičných celkov vo väčšine hodnotení vplyvov. Okrem toho veľa fyzikálnych procesov, ktoré súvisia napríklad s mrakmi, ktoré nastávajú v menších mierkach, nemôžu byť správne modelované. Namiesto toho ich známe vlastnosti, musia byť priemerované vo väčšej mierke pomocou techniky známej ako parametrizácia. Práve toto je jeden zdroj neistoty v simuláciách budúcej klímy pomocou GCM. Iné sa vzťahujú k simulácii rôznych mechanizmov spätnej väzby v modeloch týkajúcich sa napríklad vodných pár a otepľovania, mrakov a radiácie, cirkulácie oceánov a ľadu a snehového albeda. Z tohto dôvodu môže GCM simulovať úplne odlišné reakcie pri rovnakej záťaži len kvôli tomu, ako sú niektoré procesy a spätná väzba modelované.

Regionálne klimatické modely (RCM) pracujú so zvýšením rozlíšenia globálnych klimatických modelov v malej vymedzenej záujmovej oblasti. RCM môže pokryť plochu o veľkosti okolo 5000 km 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: informácie o orografii a využívaní pôdy, o počasí a klimatických údajoch v maximálnom rozlíšení zvyčajne 50, 25 km a menej.

Scenáre klimatických zmien

Scenáre SRES

V roku 2000 IPCC vydalo rad scenárov pre použitie v štúdiu klimatických zmien. Scenáre SRES boli konštruované tak, aby preskúmali budúci vývoj hnacích síl v globálnom prostredí s osobitným odkazom na produkciu skleníkových plynov a emisií aerosólov. Tím SRES definoval 4 výpovedné deje, označené A1, A2, B1 a B2, popisujúce vzťahy medzi silami riadenia skleníkových plynov a aerosólov a ich vývoj v priebehu 21. storočia pre veľké svetové regióny a svet. Každý dej predstavuje rôznu demografickú, sociálnu, ekonomickú, technologickú a ekologickú vývoj, ktoré sa rozchádzajú a sú nevratné. Štyri deje kombinujú dve sady rozdielnych tendencií. Jedna sada sa pohybuje medzi silnými ekonomickými hodnotami a silnými environmentálnymi hodnotami. Druhá sada sa pohybuje medzi rastúcou globalizáciou a rastúcou regionalizáciou.

Scenáre RCP

Po zdôraznení potreby nových scenárov pre výskumnú komunitu Mossom a kolektívom v roku 2010 prinútili IPCC požiadať vedecké spoločenstvá o vypracovanie nových súborov scenárov pre uľahčenie budúceho hodnotenia zmeny klímy (IPCC, 2007). IPCC rozhodlo, že

takéto scenáre sa nebudú vyvíjať ako súčasť procesu IPCC, nový vývoj scenárov sa ponechal pre výskumnú komunitu. Spoločenstvo následne vytvorilo súbor scenárov, ktoré obsahuje trasy emisií, koncentrácie a využitie územia – sú označované ako „reprezentatívne cesty koncentrácie RCP“.

Použité metódy

Analýza sezónnosti zrážok

Metóda Burnovho vektora (Burn, 1997) sa používa pre odhad sezónnosti, metóda je často používaná pre odhad výskytu sezónnych extrémnych javov. Táto metóda opisuje variabilitu dátumu, pri ktorom sa maximálny úhrn zrážok vyskytuje, a to tak, že smer vektora zodpovedá očakávaným dňom výskytu v priebehu roka, zatiaľ čo jeho dĺžka opisuje variabilitu okolo očakávaného dátumu výskytu. Dátum výskytu (D) predstavuje priemernú pozíciu určitej udalosti, ktoré sú vynesené v polárnych súradniciach na jednotkovej kružnici. Ako prvé počítame orientáciu (smer) vektora, udáva kedy sa vyskytla maximálna hodnota pre daný rok. Pozícia výskytu udalosti sa znázorní v jednotkovej kružnici uhlom, ktorý definujeme:

Dátum výskytu extrémneho javu D_i v roku i vyjadrujeme v uhlovej hodnote:

$$\theta_i = D_i \frac{2\pi}{365}, \quad [1]$$

Kde

θ_i - orientácia dátumu pri ktorom došlo k maximálnemu úhrnu zrážok [rad]

i - celkový počet rokov v časovom rade

D_i - poradové číslo dáta roku v ktorom sa maximálny úhrn zrážok odohral [0-365]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i) \quad [2]$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i) \quad [3]$$

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i \quad [4]$$

Kde x a y sú sínusová a kosínusová zložka priemerného dátumu, respektíve m je priemerný počet dní za rok (365,25) a n je celkový počet extrémnych javov v stanici.

Mann – Kendallov test trendu

Účelom Mann – Kendallovho testu (Mann 1945, Kendall 1975) je posúdiť štatistickú významnosť 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. Mann – Kendallov test skúma zamietnutie nulovej hypotézy (H_0) a prijatie alternatívnej hypotézy (H_a), kde:

H_0 – nemonotónny trend

H_a – monotónny trend

Počiatočný predpoklad pre Mann – Kendallov trend je, že H_0 je pravý, alebo že dáta musia byť presvedčivé pred tým ako H_0 je odmietnuté a H_a prijaté.

Výpočet je určený zo vzťahu:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k), \quad [5]$$

kde: S – testovacia štatistika

x_j – postupná hodnota dát

n – dĺžka časového radu

Mann – Kendallova Z štandardizovaná testovacia štatistika je daná vzťahom:

$$Z_{MK} = \frac{s-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} \text{ ak } S > 0 \quad [6]$$

$$Z_{MK} = 0 \text{ ak } S=0 \quad [7]$$

$$Z_{MK} = \frac{s+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} \text{ ak } S < 0 \quad [8]$$

V prípade ak: $Z = 0$ trend neexistuje

$Z > 0$ rastúci trend

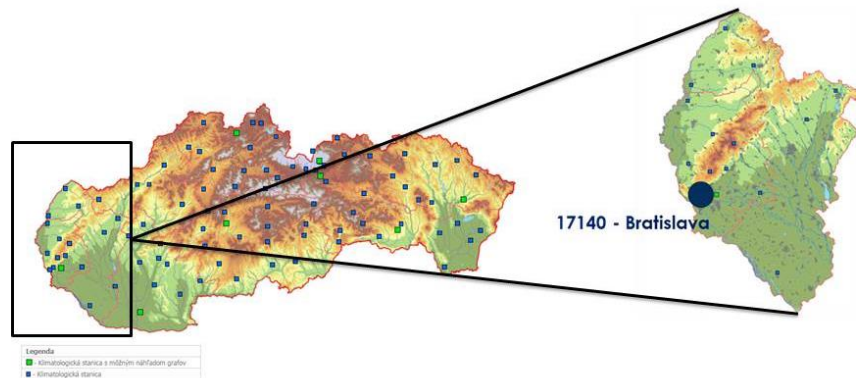
$Z < 0$ klesajúci trend.

Vstupné údaje

Ako vstupné údaje k práci boli použité dáta intenzít úhrnov zrážok pre klimatologickú stanicu v Bratislave. K dispozícii boli reálne namerané hodnoty úhrnov za obdobie 1995 – 2009 poskytnuté SHMÚ. Taktiež boli k dispozícii dáta úhrnov zrážok zo simulácií. Dáta zo simulácií boli poskytnuté pracovníkmi Katedry vodného hospodárství a environmentálneho modelovania na ČZU v Prahe. Simulácie použité v práci boli 4 a každá obsahovala scenáre pre minulosť a pre budúcnosť. K dispozícii boli simulácie KNMI-RACMO2, KNMI-RACMO22E, SHMI-RCA4 a MOHC-HadRM-3Q0. Simulácie KNMI-RACMO2 a KNMI-RACMO22E boli vytvorené Kráľovským holandským meteorologickým inštitútom, simulácia RACMO2 pracuje na základe scenára SRES, simulácia RACMO22E pracuje na základe scenára RCP. Simulácia SHMI – RCA4 bola vytvorená Švédskym meteorologickým a hydrologickým inštitútom a pracuje na základe scenára RCP. Simulácia MOHC – HadRM-3Q0 bola vytvorená Met Office Hadley Centre v Spojenom kráľovstve na základe scenára SRES (táto inštitúcia je tiež národnou meteorologickou službou v Spojenom kráľovstve). V jednotlivých scenároch sú dáta úhrnov zrážok pre intenzitné trvanie 60, 120, 180, 240, 1440 minút.

Zaujmová oblasť sa nachádza na Podunajskej nížine na západe Slovenska. Leží medzi riekami Morava a Dunaj, zhora ju ohraničujú Malé Karpaty. Podunajská nížina patrí v rámci Slovenska do teplej oblasti, tvorí najteplejší okrsok, kde za rok je 50 a viac letných dní

s teplotou nad 25 °C. Ročná priemerná teplota sa pohybuje v priemere okolo 9 až 11 °C, patrí tiež k najsuchším oblastiam Slovenska, s ročným úhrnom zrážok menej ako 500 mm za rok. Príčinou je málo zrážok v lete, a taktiež táto oblasť patrí medzi najveternejšie, dôsledkom čoho je tu vysoký potenciálny výpar.

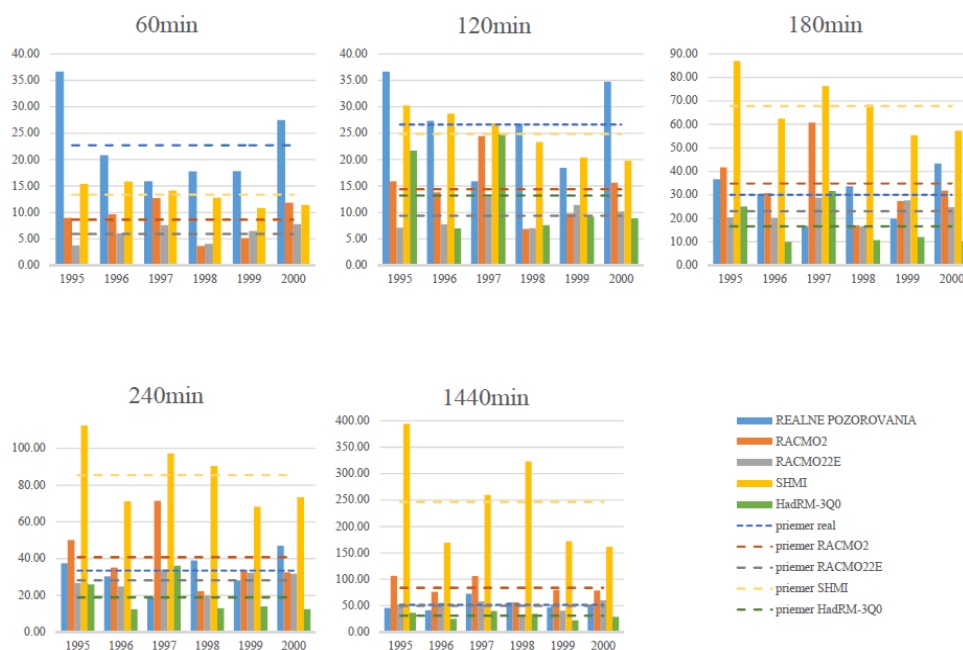


Obr.1 – Zaujmové územie s vyznačenou analyzovanou stanicou

Výsledky práce

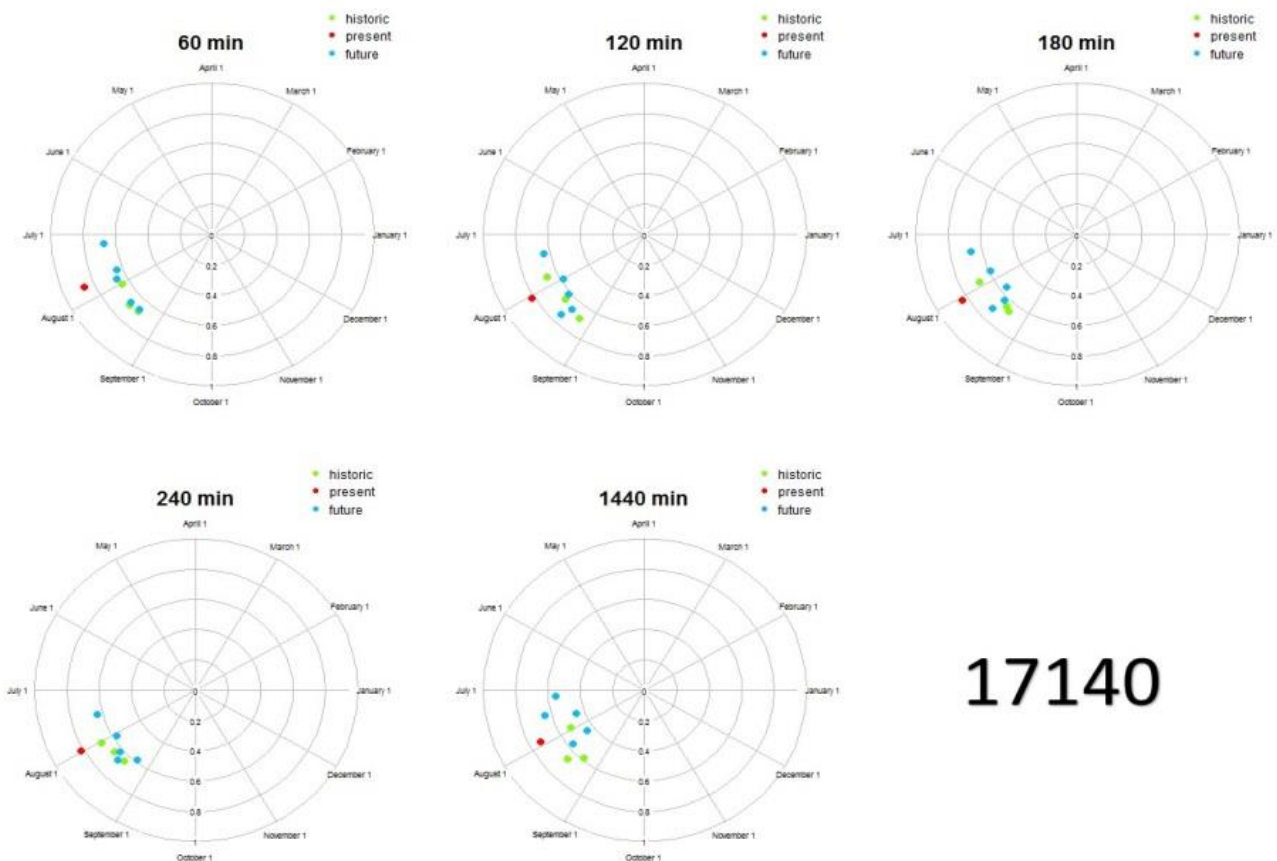
Výsledky práce sa skladajú z viacerých častí analýzy. Prvá časť pozostáva z porovnania priemerných hodnôt reálne nameraných úhrnov dažďov v trvaní od 60 do 1440 minút a priemerných hodnôt simulácií pre obdobie 1995 až 2000. Na základe porovnání úhrnov zrážok reálnych pozorovaní a úhrnov zo simulácií je možné zistiť, ktorá simulácia najviac vystihuje charakter reálne nameraných hodnôt. Ďalším krokom bolo určenie sezónnosti v dátach. Pomocou metódy Burnovho vektora (Burn, 1997) bol určený výskyt extrémnych javov v jednotlivých staniách pre všetky intenzitné trvania. Nasledujúcim krokom bolo určenie trendov v dátach pomocou Mann-Kendallovho testu trendu (Mann, 1945; Kendall, 1975). bolo určené, či v jednotlivých trvaniach v dátach prevláda stúpajúci alebo klesajúci trend a či tento trend je významný.

Znázornené porovnanie priemerných hodnôt úhrnov zrážok pre klimatologickú stanicu 17140 Bratislava-Koliba z obrázku č.2 je možné určiť, že v prípade 60 a 120 minútového trvania priemerné hodnoty reálne nameraných úhrnov dažďov prekračujú všetky priemerné modelované hodnoty. Pri 180 a 240 minútovom trvaní sa priemerná hodnota reálnych meraní nachádza medzi priemernými hodnotami simulácií RACMO2 a RACMO22E. V prípade denného 1440 minútového trvania je priemerná hodnota reálne nameraných úhrnov dažďov takmer totožná s priemernou hodnotou simulácie RACMO2. Vzhľadom na skutočnosť, že v každom intenzitnom trvaní sa priemerné hodnoty reálne nameraných hodnôt približujú k iným priemerným hodnotám simulácií, nie je možné určiť, ktorá simulácia najviac vystihuje charakter reálnych nameraných úhrnov.



Obr. 2 – Porovnanie úhrnov zrážok simulácií a reálne nameraných hodnôt pre stanicu 17140 Bratislava-Koliba v trvaniach od 60 do 1440 minút.

Nasledujúcim krokom bola analýza sezónnosti pre dáta zo simulácií a z reálnych pozorovaní pomocou metódy Burnovho vektora (Burn, 1997). Z výsledkov analýzy je možné určiť, že maximálne ročné úhrny zrážok v teplom polroku pre trvania od 60 do 1440 minút pre klimatologickú stanicu 17140 Bratislava-Koliba nastanú počas mesiacov júl až september. Pre reálne pozorovania je najčastejší výskyt extrémnych úhrnov na prelome mesiacov júl a august vo všetkých intenzitných trvaniach okrem trvania 60 min, kde sa predpokladá výskyt na posledný týždeň mesiaca júl. Výskyt extrémnych javov pre trvania 60 až 1440 minút vo všetkých scenároch simulácií sa rovnomerne rozdeľuje v okolí hodnoty reálnych pozorovaní. Pre trvania 60 min až 240 min sa výskyt extrémnych javov pre minulosť objavil v mesiaci august pre všetky simulácie. Simulácia RACMO22E najlepšie popisuje výskyt v porovnaní s reálnymi pozorovaniami, pre budúcnosť sa výskyt extrémov predpokladá na skoršie obdobie. Pri trvaní 1440 minút najlepšie opisujúcou simuláciou vzhľadom k reálnym pozorovaniam je RACMO2, pre budúcnosť sa výskyt predpokladá na neskoršie obdobie. Priemerná dĺžka medzi výskytmi extrémnych javov medzi minulosťou a budúcnosťou je 15 dní.



Obr. 3 – Sezónnosť zrážok pre trvanie 60 až 1440 minút v stanici 17140 Bratislava-Koliba (zelená – minulé scenáre; modrá – budúce scenáre; červená – reálne pozorovanie).

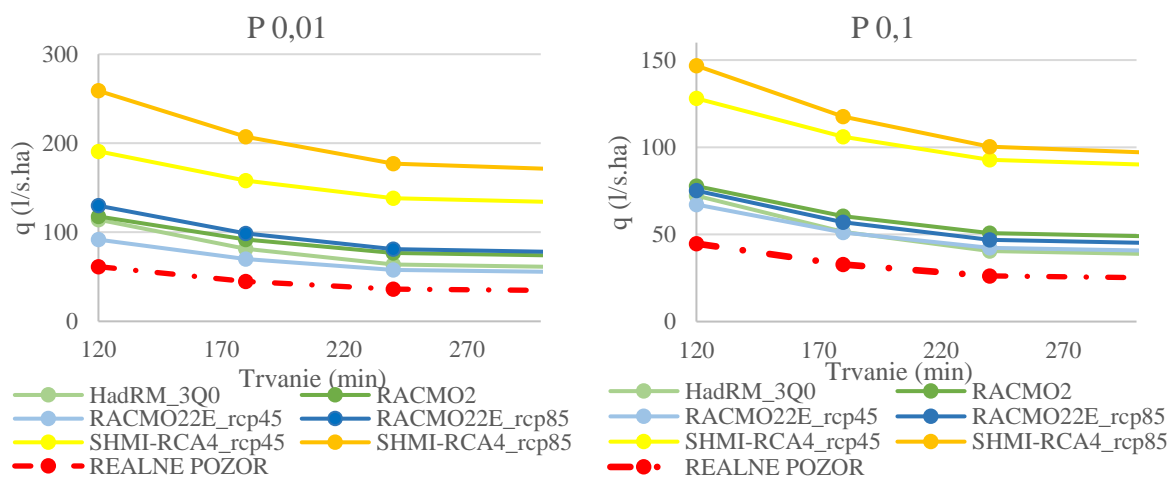
Pre určenie trendov a ich zmien bol použitý Mann-Kendallovho testu trendu (Mann, 1945; Kendall, 1975). Hladina významnosti bola určená na 90%. Zo získaných výsledkov je možné usúdiť, že v klimatologickej stanici 17140 Bratislava-Koliba prevláda do budúcnosti stúpajúci, avšak nevýznamný trend. Významný trend počas teplého polroka prejavil v simulácii KNMI-RACMO2 v trvaní 180 minút, v scenári pre budúcnosť trend má klesajúci charakter. Ďalšie významné trendy boli určené v simulácii SHMI-RCA4, a to v scenároch pre minulosť (hist) a pre budúcnosť (rcp85). V scenári pre minulosť je významný trend pri trvaní 60 min a 120 min pre budúcnosť bol významný trend v trvaní 180 min. Všetky významné trendy majú klesajúci charakter. V reálne pozorovaných dátach boli určené stúpajúce trendy, okrem 1440 minútového trvania. Pri intenzitnom trvaní 60 min pre minulosť bol stúpajúci trend v simulácii KNMI-RACMO22E, pre scenár rcp45 je trend rovnako stúpajúci, avšak pri scenári rcp85 je trend opačný a má klesajúci charakter. Pre trvanie 120 min bol stúpajúci trend pre simuláciu HadRM-3Q0, pre budúcnosť sa predpokladá opačný klesajúci trend. V trvaní 180 min sa stúpajúce trendy pre minulé scenáre objavili v simuláciách KNMI-RACMO2 a v simulácii HadRM-3Q0, v simulácii KNMI-RACMO2 sa v budúcnosti predpokladá klesajúci trend. Naopak pri simulácii HadRM-3Q0 sa predpokladá stúpajúci trend rovnako ako pre minulosť. Pri trvaní 240 min bol stúpajúci trend pre minulosť v simulácii SHMI-RCA4 pre scenár rcp45, do budúcnosti sa predpokladá stúpajúci trend a pre

scenár rcp85 klesajúci trend. V trvaní 1440 bol v reálne nameraných dátach klesajúci trend. Klesajúci trend pre minulosť bol aj v simuláciách KNMI-RACMO22E, SHMI-RCA4 a HadRM-3Q0. Pri simuláciách KNMI-RACMO22E a SHMI-RCA4 sa predpokladá do budúcnosti stúpajúci trend, v simulácii HadRM-3Q0 bol pre budúcnosť klesajúci trend rovnako ako pre minulosť.

Tab.1 – Trendy v zrážkových úhrnov v jednotlivých simuláciách pre trvania 60 až 1440 minút pre stanicu 17140 Bratislava-Koliba

Bratislava		Trvanie				
Simulácia	scenár	60 min	120 min	180 min	240 min	1440 min
Pozorované dáta	real	+	+	+	+	-
KNMI-RACMO2	hist	-	-	+	-	+
	fut	-	+	-	-	+
KNMI-RACMO22E	hist	+	-	-	-	-
	rcp 45	+	-	+	+	+
	rcp 85	-	+	+	+	+
SHMI-RCA4	hist	-	-	+	+	-
	rcp 45	-	-	-	+	+
	rcp 85	+	+	-	-	-
HadRM-3Q0	hist	X	+	+	-	-
	fut	X	-	+	+	-

Pomocou škálovacích koeficientov boli určené návrhové intenzity úhrnov dažďov pre teplý polrok pre dobu opakovania 10 a 100 rokov a pre trvania 120 minút až 1440 minút. Zo zoškálovaných návrhových hodnôt boli zostrojené čiary návrhových intenzít úhrnov dažďov (IDF čiary). Predpoklad zvyšovania intenzít úhrnov je badateľný aj pri návrhových intenzitách úhrnov, všetky simulácie prevyšujú scenáre budúcnosti.



Obr.4 – Porovnanie čiar intenzít návrhových dažďov pre klimatologickú stanicu 17140 Bratislava-Koliba pre periodicitu $P=0,01$ a $P=0,1$.

Záver

Cieľom práce bola analýza budúcich zmien sezónnosti a trendov intenzít krátkodobých úhrnov dažďov v klimatologickej stanici 17140 Bratislava-Koliba na základe scenárov regionálnych klimatických modelov. Analyzovala sa sezónnosť extrémnych javov v úhrnoch zrážok, testovali sa významnosti a zmeny trendov špecifických výdatností dažďa pre rôzne trvania. Zmena v sezónnosti výskytu extrémnych úhrnov zrážok sa v reálne nameraných hodnotách pre všetky stanice pohybovala v období na prelome mesiacov júl a august vo všetkých intenzitných trvaniach. Do budúcnosti sa predpokladá posunutie výskytu extrémnych úhrnov zrážok na skoršie obdobie, v mesiaci júl, oproti minulosti. Priemerná dĺžka posunu medzi výskytmi extrémnych úhrnov zrážok je 10 dní vo všetkých intenzitných trvaniach. Z reálnych pozorovaní sa detekovali stúpajúce trendy v úhrnoch krátkodobých dažďov. Zo scenárov simulácií sa výrazná zmena trendov neprejavila. Do budúcnosti prevláda stúpajúci trend, avšak nevýznamný vo všetkých intenzitných trvaniach. Významné trendy na hladine významnosti 90% sa vyskytli pre minulé obdobie v trvaní 60 a 120 minút, pre budúcnosť v trvaní 180 minút a všetky mali klesajúci charakter.

Poďakovanie: Rád by som sa týmto poďakoval prof. Ing. Silvii Kohnovej, PhD. za pomoc a odborné rady pri vypracovávaní tejto práce a taktiež za podporu od VEGA 1/0710/15.

Abstrakt

Extrémne zrážky s krátkym trvaním sa stále častejšie vyskytujú naprieč Európou a stali sa jedným z najčastejšie sa vyskytujúcim prírodným rizikom. Počas bleskových povodní sa pozorujú vysoké krátkodobé úhrny zrážok a sú s nimi často spojené veľké ekonomické škody. Je preto dôležité venovať sa zmenám v charakteristikách intenzít úhrnov dažďov do budúcnosti pre plánovanie prispôsobovania sa alebo zaobraním sa v prípade škôd, ktoré sú spojené s variabilitou a zmenou klímy.

Práca sa zameriava na analýzu budúcich zmien v sezónnosti a trendoch intenzít krátkodobých dažďov v oblasti juhozápadného Slovenska. Analýza bola vykonaná pre klimatologickú stanicu 17140 Bratislava-Koliba. Testovanie špecifických výdatností dažďa sa vykonávalo pre intenzity zrážok trvania 60, 120, 180, 240, 1440 minút pre minulé a budúce scenáre.

Na analýzu boli použité reálne namerané hodnoty úhrnov za obdobie 1995 – 2009 poskytnuté SHMÚ. Taktiež boli k dispozícii dáta úhrnov zrážok z regionálnych klimatických modelov. V práci boli použité 4 simulácie. Každá obsahovala scenáre pre minulosť a pre budúcnosť, a to KNMI-RACMO2, KNMI-RACMO22E, SHMI-RCA4 a MOHC-HadRM-3Q0. Záujmová oblasť sa nachádza na Podunajskej nížine na západe Slovenska. Podunajská nížina patrí v rámci Slovenska do teplej oblasti, tvorí najteplejší okrsok kde za rok je 50 a viac letných dní s teplotou nad 25 °C. Ročná priemerná teplota sa pohybuje v priemere okolo 9 až 11 °C, patrí tiež k najsuchším oblastiam Slovenska, s ročným úhrnom zrážok menej ako 500 mm za rok.

Z analýzy je možné určiť výskyt maximálnych ročných úhrnov zrážok v teplom polroku, ktoré nastanú v mesiacoch júl a august. Do budúcnosti sa výskyt maximálnych úhrnov predpokladá na skoršie obdobie oproti reálnym pozorovaniam. Priemerná dĺžka posunu medzi výskytmi extrémnych javov medzi minulými a budúcimi scenármi je 15 dní. Pri analýze trendov sa z reálnych pozorovaní detegovali stúpajúce trendy v úhrnoch

krátkodobých dažďov. Zo simulácií sa výrazná zmena trendov neprejavila, do budúcnosti sa predpokladá stúpajúci trend, avšak nevýznamný.

Vzhľadom na prevládajúci stúpajúci trend do budúcnosti a taktiež zvyšujúce sa intenzity v návrhových hodnotách intenzít úhrnov dažďov bude potrebné do budúcnosti prehodnotiť návrhové hodnoty úhrnov zrážok pri posudzovaní a návrhu vodohospodárskych stavieb v danej oblasti.

Literatúra:

- BITTERER, L., *Vyrovňovací počet II, Učebný text pre študentov*, Žilina, 2003
- BURN D.H., *Catchments similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures*, J. Hydrol., 1997
- HYDROLÓGIA – *Terminologický výkladový slovník*. Ministerstvo životného prostredia SR. Bratislava, 2002.
- IPCC SPECIAL REPORT, *Emissions scenarios, Summary for Policymakers*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000.
- KENDALL, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. London, Griffin, 1975.
- STN 75 0110 Vodné hospodárstvo. Hydrológia. Terminológia.
- SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S.: *Hydrológia povrchových vôd*. Bratislava 2004,
- ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š.: Zborník prác SHMÚ č.5 - *Intenzity krátkodobých dažďov na Slovensku*, SPN Bratislava, 1973.
- URCIKÁN, P., IMRIŠKA, L.: *Stokovanie a čistenie odpadových vôd*. Tabuľky na výpočet stôk. ALFA-SNTL Bratislava 1986.
- YU, P.-SH., YANG, T.-CH. & LIN, CH.-SH. (2004). *Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall*. Journal of Hydrology. 2004.
- YUE, S., KUNDZEWICZ, Z. W., WANG, L. (2012). *Detection of Changes . Changes in Flood risk in Europe*, 2012. IAHS special publication
- <http://www.climateprediction.net/climate-science/climate-modelling/regional-models/>
- https://climate4impact.eu/impactportal/downscaling/downscalingdocs.jsp?q=regional_models
- <http://ces.washington.edu/db/pdf/wacciach2rcm643.pdf>
- http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html
- <http://it4kt.cnl.sk/c/nm/lecturer/13.html>
- http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/european-precipitation-1/assessment/#_edn1
- <http://www.meteoinfo.sk/clanok/51372-klimaticke-zmena-a-extremne-prejav-y-pocasia>
- <http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/sres/>
- http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html
- <http://www.shmu.sk/sk/?page=335>
- https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_sk

Ing. Gabriel Földes

Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava 1, gabriel.foldes@stuba.sk