Vplyv klimatickej zmeny na odtok a vývoj zloženia lesov v budúcich desaťročiach vo vybranom povodí na Slovensku

PETER RONČÁK, JUSTÍNA VITKOVÁ, PETER ŠURDA

Kľúčové slová: zloženie lesa – klimatická zmena – hydrologické modelovanie

Tento článek byl přijat k publikaci a prošel úplným peer review, ale neprošel procesem kopírování, sazby, stránkování a korektur, což může vést k rozdílům mezi touto verzí a verzí záznamu. Citujte prosím tento článek jako DOI: 10.46555/VTEI.2022.03.001.

Accepted for printing

SÚHRN

V tejto štúdii sa autori zaoberali vplyvom klimatickej zmeny na hydrologický režim a odtok vo vybranom povodí na Slovensku. Cieľom výskumu bol taktiež odhad zmien v lesných spoločenstvách pri zmene klímy na odtokové procesy v danom povodí. Použili sa dva scenáre zmeny využitia krajiny s lesnými spoločenstvami a dva globálne scenáre zmeny klímy. Scenáre zmeny využitia krajiny boli vytvorené pre celé územie Slovenskej republiky na Technickej univerzite vo Zvolene. Na tento výskum boli tiež použité výstupy z regionálnych modelov zmeny klímy Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) a Max-Planck-Institut (MPI) – oba s emisným scenárom A1B. Za predpokladu týchto scenárov boli charakteristiky hydrologického režimu simulované distribuovaným zrážkovo-odtokovým modelom WetSpa. Na základe výsledkov výskumu je možné odhadnúť, že teplota vzduchu by sa mala zvyšovať, najmä v zimnom období, čo by mohlo mať za následok menšiu akumuláciu snehu a zvýšený odtok v povodí. Povodie rieky Hron sa prejaví zvýšením priemerných mesačných prietokov, najmä počas jesenných a zimných mesiacov. Môže to byť spôsobené vyššími teplotami a skorším topením snehu v tejto oblasti. Vidíme však, že v dôsledku zmeny klímy bude odtok v letnom období reagovať opačne. V porovnaní so súčasným stavom sa predpokladá, že dôjde k nárastu extrémov odtokového režimu v zimnom období a poklesu v letnom a jesennom období. Klimatické modely naznačujú zmenu v rozložení atmosférických zrážok, čo môže mať za následok nárast povodní, obdobia sucha a iných extrémnych poveternostných javov.

ÚVOD

Environmentálne zmeny (vrátane zmien vo využití krajiny a klimatickej zmeny) a ich vplyv na vodné zdroje sú aktuálnymi témami nedávnych vedeckých štúdií [1–3]. Priame alebo nepriame vplyvy využitia krajiny a zmeny klímy na hydrologický režim nepochybne prispeli k problémom, akými sú sucho a nedostatok vody, čoraz častejšie prívalové povodne a škody spôsobené masívnym odlesňovaním.

Zrážkovo-odtokové modely sa často používajú ako nástroj na hodnotenie vplyvov klimatickej zmeny a zmeny využitia krajiny na hydrologický cyklus. Zatiaľ čo výstupy z modelov zmeny klímy možno použiť v koncepčných zrážkovo-odtokových modeloch, na simuláciu vplyvu zmeny využitia krajiny na odtok v povodí sú potrebné modely s priestorovo rozčlenenými parametrami.

Klimatické zmeny spôsobené stúpajúcimi koncentráciami skleníkových plynov v atmosfére môžu ovplyvniť hydrologický cyklus a vývoj zloženia lesov. Predpokladaný nárast skleníkových plynov znamená zmenu v minimálnych a maximálnych hodnotách teploty vzduchu, potenciálnej evapotranspirácii a v množstve úhrnu zrážok [4].

V strednej Európe sa na simuláciu odtokových procesov v zmenených podmienkach využitia krajiny a klimatickej zmeny použilo mnoho rôznych hydrologických modelov, ako napríklad model WetSpa [5–7]; SWAT [8]; MIKE SHE [9, 10]; TUW [11]. Tento článok nadväzuje na už publikované články [7, 12] a využíva taktiež výstupy z globálnych a regionálnych modelov, scenárov klimatickej zmeny a rôznych koncepčných či distribuovaných hydrologických modelov na Slovensku [7, 12–15].

Cieľom tohto príspevku je zhodnotiť vplyv klimatickej zmeny a zmeny využitia krajiny na režim odtoku vo vybranom povodí, kde simulácia budúcich zmien v odtokových procesov je založená na výstupoch z regionálnych klimatických modelov (RCMs) KNMI a MPI. Povodie rieky Hron bolo vybrané ako pilotné povodie pre účely tohto výskumu.

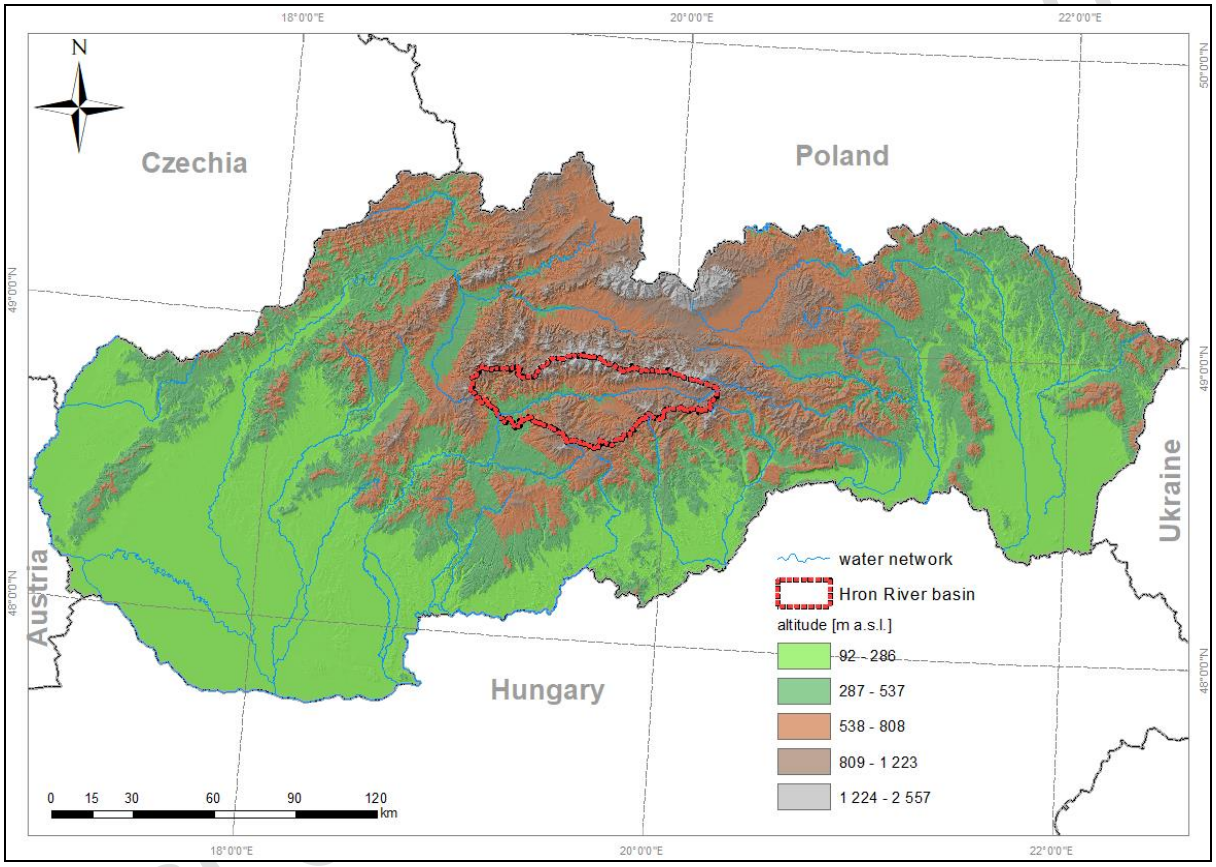
ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE

Hron je ľavostranným prítokom Dunaja, jeho povodie sa nachádza na strednom Slovensku. Povodie sa rozprestiera pozdĺž dlhej hlavnej rieky s početnými kratšími prítokmi. Pre túto štúdiu bola vybraná horná časť povodia so záverečným profilom vo vodomernej stanici Banská Bystrica ako reprezentujúce povodie pre horské regióny na Slovensku. Povodie má rozlohu 1 775 km^2, minimálna nadmorská výška povodia je 332 m n. m., maximálna nadmorská výška je

Accepted for printing

2 042 m n. m. a priemerná nadmorská výška je 842 m n. m. Poloha povodia horného Hrona je znázornená na *obr. 1*.

Povodie horného Hrona sa nachádza v chladnej, vlhkej až veľmi vlhkej klimatickej oblasti, priemerná ročná teplota vzduchu sa pohybuje medzi 4 °C a 5 °C. Júl je najteplejším mesiacom, pričom priemerná mesačná teplota vzduchu osciluje medzi 14 °C a 16 °C. Január je naopak najchladnejší mesiac, kedy sa priemerná mesačná teplota pohybuje od –4 °C až –6 °C. Povodie horného Hrona ukazuje pomerne dobre zachovaný prirodzený režim odtoku.



Obr. 1. Poloha povodia horného Hrona

Fig. 1. Location of the Upper Hron river basin in Slovakia

MATERIÁL A METÓDY

Scenáre zmeny využívania krajiny a klimatickej zmeny

Scenáre využitia krajiny boli vytvorené pre celé územie Slovenskej republiky Technickou univerzitou vo Zvolene a publikované v *Atlase krajiny SR* [16]. Následne boli programom ArcGIS modifikované a kategorizované pre potreby zrážkovo-odtokového modelu WetSpa. Scenáre využitia územia (zmeny zloženia lesov) pre časový horizont 2075 boli vytvorené na základe predpokladu zmeny klímy podľa globálnych cirkulačných modelov GCM a prírastkových modelov vytvorených v rámci NKP (Národný klimatický program).

V prípade scenárov zmeny klímy boli použité výstupy z modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry, holandského KNMI a nemeckého MPI (oba s emisným scenárom A1B). Regionálne modely KNMI a MPI predstavujú detailnejšiu integráciu dynamických rovníc atmosférickej a oceánickej cirkulácie v sieti uzlových bodov vo vzdialenosti 25 x 25 km, pričom okrajové podmienky riešenia rovníc preberajú z výstupov globálneho modelu ECHAM5. V priestore Slovenska majú modely KNMI a MPI až 19 x 10 uzlových bodov (spolu 190) a celkom reálnu orografiu s dobrým vyjadrením všetkých pohorí s väčším horizontálnym rozmerom ako 25 km. Vybrané regionálne modely majú vo výstupoch denné hodnoty viacerých klimatologických prvkov od roku 1951 s predikciou do roku 2100. Uvedené modely a ich výstupy boli vybraté na základe podrobnej analýzy 20 rôznych modelov, z ktorých bolo 15 RCMs a 5 GCMs.

Výstupy RCM charakterizujúce zmeny klímy pre budúce desaťročia boli rozdelené do 30-ročných časových horizontov (2011–2040, 2041–2070, 2071–2100), pričom horizonty 2025, 2055 a 2085 predstavujú stredy týchto periód.

Accepted for printing

Tab. 1. Dlhodobé priemerné mesačné hodnoty teploty vzduchu a úhrnu zrážok za referenčné obdobie (1981–2010) a zmeny ich hodnôt [v °C, mm] pre budúce 30-ročné časové horizonty 2010–2100 v povodí rieky Hron

Tab. 1. Long-term mean monthly values of an areal air temperature and precipitation of the reference period (1981–2010) and the changes in their values [in °C, mm] for the future time horizons of 30 years from 2010–2100 in the Hron river basin

Temperature [°C]			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Hron	1981–2010		-4.1	-3.1	0.5	5.9	11.1	14	16	15.4	11	6.4	1.1	-3.1
	KNMI	2025	0	0.8	1	0.4	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.6	0.5	0.1
		2055	1.3	2.6	1.4	1	1.6	2	1.9	1.9	1.5	2	1.5	1.8
		2085	2.8	2.8	2.3	1.7	2.7	3.5	3.7	3.3	2.4	3	3.1	3.4
	MPI	2025	0.1	0.8	0.4	0.1	0.6	0.7	0.6	1	0.9	1.5	0.9	0.3
		2055	1.9	2.9	1.3	0.7	1.3	1.3	1.5	2.2	1.7	1.9	1.9	1.6
		2085	3.3	3.4	2	1.4	2.1	2.9	2.8	3.5	3.2	3.2	3.3	3.4
Precipitation [mm]			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Hron	1981–2010		48.2	45.1	53.6	56.1	94	101.3	93.7	82.2	66	59.3	67.3	62.6
	KNMI	2025	-3.1	3.4	0.4	-4.2	-9.2	0.8	-11.4	3.9	34.3	-2.1	4.2	20.4
		2055	5.2	8.8	11.7	16.4	-0.6	-15.7	-9.5	2.9	19.4	8.5	2.5	19.9
		2085	14.1	21.8	24.9	10.3	-19.9	-32.9	-22.1	-3.1	37.7	14.6	6.8	24.1
	MPI	2025	-0.7	8.8	3.4	-3.6	-8.4	19.7	9.5	-3.3	25.1	-3.9	8.5	13.1
		2055	7.8	6.8	16.7	21.8	-10.5	7.8	-3.7	-8.3	16.4	7.8	1.6	17.1
		2085	15.5	18.1	26.2	18.3	-14.7	0.1	-10.1	-3.8	30.3	18.6	13.9	14.8

Zrážkovo-odtokový model

Model WetSpa je zrážkovo-odtokový model, ktorý simuluje tak odtok ako aj prietok v povodí, v tomto prípade v dennom časovom kroku [17]. Dostupnosť priestorovo distribuovanej množiny údajov (digitálny model reliéfu, pôdne druhy a využitie krajiny) v spojení s GIS umožňuje modelu WetSpa vykonávať priestorovo distribuované výpočty. V tejto štúdii boli použité vstupné údaje v dennom kroku v období rokov 1981–2010. V modeli boli použité nasledovné hydrometeorologické údaje: denné úhrny zrážok z bodových meraní na 15 staniciach a priemerné denné hodnoty teploty vzduchu z 5 klimatologických staníc. Hydrologické údaje pozostávali z priemerných denných prietokov v záverečnom profile Hron – Banská Bystrica.

Kalibračné obdobie v tomto prípade predstavuje rozpätie rokov 1981–1995. Cieľom kalibrácie zrážkovo-odtokového modelu WetSpa bolo pre každé vybrané povodie určiť globálne parametre modelu, pri použití ktorých bude dosiahnutá najlepšia zhoda medzi meranými a

Accepted for printing

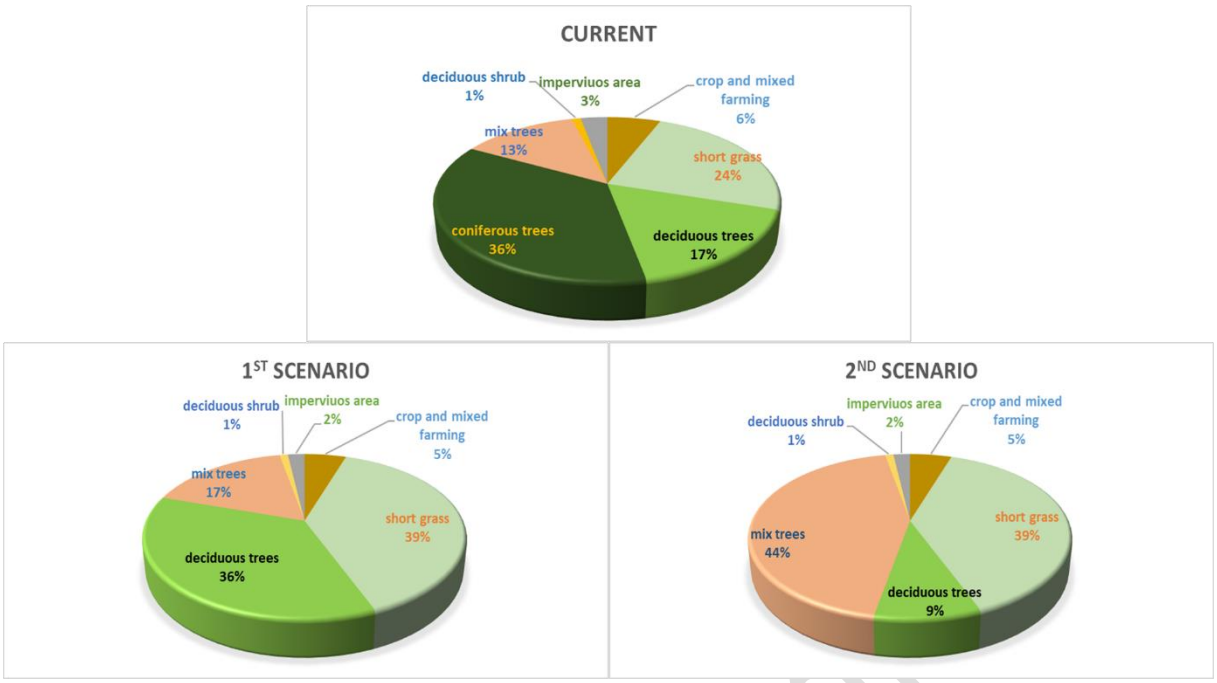
simulovanými priemernými dennými prietokmi v záverečnom profile povodia. V modeli je použitých 12 globálnych parametrov, ktoré je nutné kalibrovať. Zvolený koeficient v tejto práci Nash – Sutcliffe [18] ako optimalizačné kritérium je vhodný najmä na minimalizáciu rozdielov v priemerných hodnotách a celkovej bilancii.

VÝSLEDKY

Pomocou globálne kalibrovaných parametrov modelu WetSpa a výstupov z klimatických scenárov KNMI a MPI bola vykonaná simulácia hydrologického odtoku v záverečnom profile pre budúce časové obdobia do roku 2100. Ako referenčné obdobie bolo zvolené 30-ročné obdobie od roku 1981 do roku 2010.

Na mape súčasného využitia krajiny (*obr. 2*) tvorí orná pôda 6 % a nízka tráva 24 % z celkovej plochy povodia. Tri druhy lesov zaberajú nasledovný percentuálny podiel z celkovej plochy: ihličnatý (coniferous) (36 %), listnatý (deciduous) (17 %) a zmiešaný (mixed) les (13 %). Ostatné kategórie využitia krajiny zaberajú len nízke až zanedbateľné percentuálne hodnoty. Najväčšiu rozlohu plochy povodia vykazoval ihličnatý les. V prvom scenári zmeny využitia krajiny dominuje listnatý les (36 %) a zmiešaný les (17 %). V porovnaní so súčasným stavom vzrástla plocha listnatého lesa, celková plocha lesa však v porovnaní so súčasným stavom klesla. Táto zmena v zložení lesa môže mať vplyv na zvýšenie evapotranspirácie a odtoku, naopak sa zníži podiel intercepcie, teda schopnosť zadržať vodu v povodí. V druhom scenári dosahuje plocha listnatého lesa iba 9 %, pričom plocha zmiešaného lesa sa zvýšila na 44 %. Medzi scenármi a súčasným stavom je teda možné vidieť určité rozdiely v zložení lesa. Plocha listnatého lesa by sa mala zväčšiť, naopak ihličnatý les by sa mal najmä v dôsledku globálneho otepľovania presúvať do vyšších nadmorských výšok.

Accepted for printing

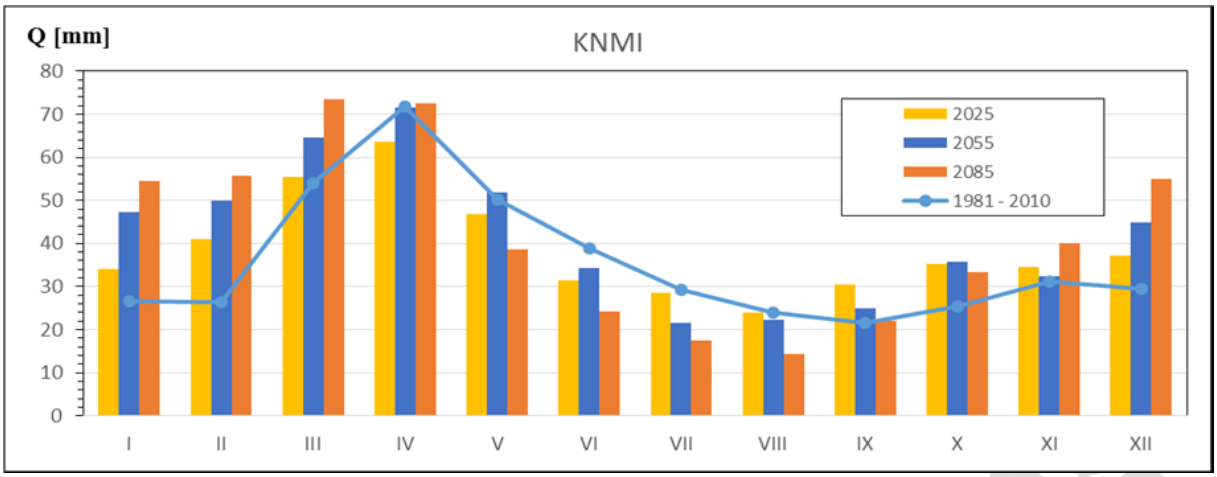


Obr. 2. Súčasný stav a scenáre zmeny využitia krajiny v povodí rieky Hron

Fig.2. Current land use and land use change scenarios in the Hron river basin

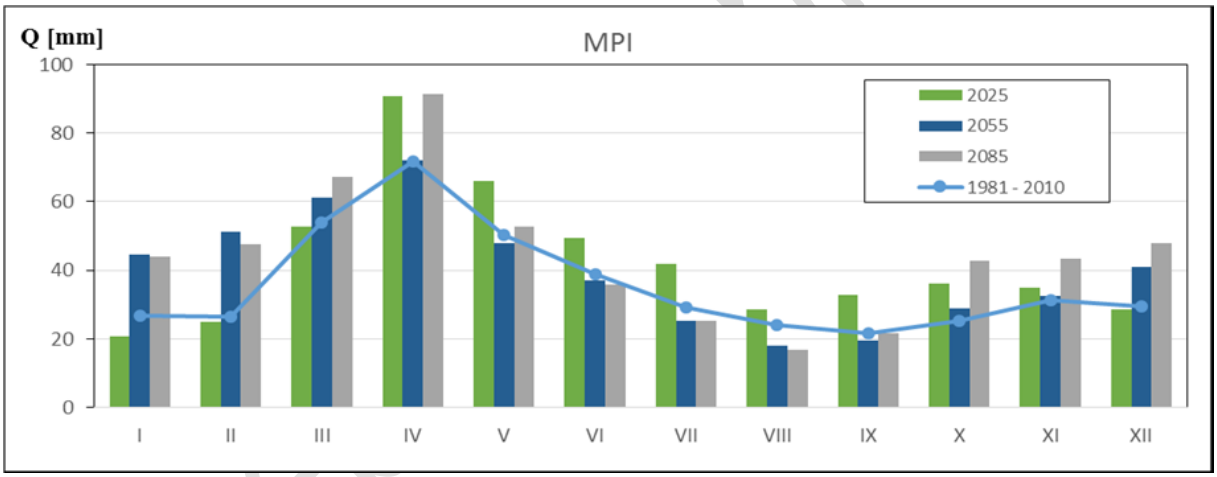
Z výsledkov klimatických scenárov môžeme konštatovať, že je možné očakávať zmenu priemerného mesačného odtoku v analyzovanom povodí rieky Hron. Taktiež je možné vidieť súvislosti so zvýšením dlhodobého odtoku, ktorý má lineárny vzťah s nárastom priemerných zrážok v budúcich desaťročiach. V povodí Hrona sa prejaví nárast priemerných mesačných hodnôt odtoku najmä počas jesenných a zimných mesiacov. Bude to platiť pre oba scenáre a všetky horizonty (okrem horizontu 2025 v klimatickom scenári MPI). Podľa scenára KNMI (*obr. 3*) môže odtok v januári a februári v poslednom horizonte dosiahnuť 100% nárast. Dôvodom môžu byť vyššia priemerná denná teplota vzduchu a s tým spojené skoršie topenie snehu v tejto oblasti. Na druhej strane je zjavne viditeľné, že vplyvom klimatickej zmeny bude odtok v letnom období reagovať opačne. Podľa scenára KNMI bude mesačný odtok v mesiacoch máj až august postupne klesať o 2 % až 40 %. Podobnú situáciu možno očakávať pri klimatickom scenári MPI (*obr. 4*); rozdiel je možné vidieť len v horizonte roku 2025, kde by došlo k zvýšeniu odtoku oproti referenčnému obdobiu. V jesennom období možno očakávať zvýšenie odtoku v oboch scenároch v porovnaní s hodnotami odtoku v referenčnom období.

Accepted for pri



Obr. 3. Porovnanie dlhodobého priemerného mesačného odtoku medzi scenárom zmeny klímy KNMI a referenčným obdobím

Fig. 3. Comparison of the long-term mean monthly runoff between the KNMI climate change scenario and the current state



Obr. 4. Porovnanie dlhodobého priemerného mesačného odtoku medzi scenárom zmeny klímy MPI a referenčným obdobím

Fig. 4. Comparison of the long-term mean monthly runoff between the MPI climate change scenario and the current state

DISKUSIA A ZÁVER

Z prezentovaných výsledkov je možné usúdiť, že klimatické scenáre KNMI aj MPI dávajú podobné prognózy v budúcich desaťročiach. Predpovedajú všeobecný nárast úhrnu zrážok, počítajú s vyššími úhrnmi zrážok od septembra do apríla a menšími od mája do augusta. Teplota vzduchu by sa mala zvýšiť najmä v zimnom období, čo by mohlo mať za následok menšiu

akumuláciu snehu a zvýšený odtok z povodia v zimných mesiacoch. Zatiaľ čo obdobia sucha by mohli byť častejšie, vyznačujúce sa nízkym úhrnom zrážok a nízkym odtokom. Očakáva sa, že najvýraznejšie ovplyvnená zmenou klímy bude evapotranspirácia. Obdobia sucha môžu byť prerušené výdatnými zrážkami alebo silnými búrkami s intenzívnymi zrážkami, pričom počet dní s búrkami oproti súčasnému množstvu (výskyt 15–30 dní v letnom období) by sa meniť nemal, ale výskyt extrémnych zrážkových udalostí bude vyšší.

Klimatické modely naznačujú zmenu v rozložení atmosférických zrážok, zmenu frekvencie a intenzity extrémnych prejavov počasia. Predpokladá sa oveľa nerovnomernejšie rozloženie úhrnov zrážok v priebehu roka ako aj v jednotlivých regiónoch Slovenska. Vývoj v rozložení atmosférických zrážok bude úzko korešpondovať aj s vývojom odtokového režimu na Slovensku.

V nadväznosti na podobne publikované práce spomenuté v úvode je možné konštatovať, že výsledky korešpondujú s týmito publikáciami. V spomínaných elaborátoch boli skúmané rôzne povodia na Slovensku. Trend vplyvu klimatickej zmeny a zmeny vo využití krajiny na odtokové procesy je zrejmý. Na základe výsledkov modelovaného povodia Hrona a výsledkov v citovaných publikáciách je pravdepodobné, že veľkosť vplyvu klimatickej zmeny a zmeny využitia krajiny bude platiť aj pre zvyšok územia Slovenska.

Meniace sa klimatické podmienky sa môžu prejaviť aj ako pretrvávajúce znižovanie potenciálu povrchových a vodných zdrojov, čo by sa malo brať do úvahy aj pri plánovaní a hospodárení s vodnými zdrojmi v budúcnosti.

Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná projektom EIG JC2019-074 "Soil Eco-Technology to Recover Water Storage in disturbed Forests" a projektom "VEGA 2/0155/21".

Literatúra

[1] KUBIAK-WÓJCICKA, K., ZELEŇÁKOVÁ, M., BLIŠTAN, P., SIMONOVÁ, D., PILARSKA, A. Influence of Climate Change on Low Flow Conditions. Case Study: Laborec River, Eastern Slovakia. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 2021, 21(4), s. 570–583.

[2] IZAKOVIČOVÁ, Z., PETROVIČ, F., PAUDITŠOVÁ, E. The Impacts of Urbanisation on Landscape and Environment: The Case of Slovakia. *Sustainability*, 2021, 14(1), 60.

[3] LABAT, M. M., FOLDES, G., KOHNOVÁ, S., HLAVČOVÁ, K. Land Use and Climate Change Impact on Runoff in a Small Mountainous Catchment in Slovakia. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020, 444(1), 012036.

Accepted for printing

[4] ASKEW, A. E., BOWKER, J. M. Impacts of Climate Change on Outdoor Recreation Participation: Outlook to 2060. *Journal of Park and Recreation Administration*. 2018, 36(2), s. 97–120.

[5] VALENT, P., RONČÁK, P., MALIARIKOVÁ, M., BEHAN, Š. Utilization of Historical Maps in the Land Use Change Impacts Studies: A Case Study from Myjava River Basin. *Slovak Journal of Civil Engineering*. 2016, 24(4), s. 15–26.

[6] RONČÁK, P., HLAVČOVÁ, K., LÁTKOVÁ, T. Estimation of the Effect of Changes in Forest Associations on Runoff Processes in Basins: Case Study in the Hron and Topla River Basins. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 2016, 24(3), s. 1–7.

[7] RONČÁK, P., LISOVSZKI, E., SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., CSOMA, R., POÓROVÁ, J. The Potential for Land Use Change to Reduce Flood Risk in Mid-Sized Catchments in the Myjava Region of Slovakia. *Contributions to Geophysics and Geodesy*. 2017, 47(2), s. 95–112.

[8] GASSMAN, P. W., SADEGHI, A. M., SRINIVASAN, R. Applications of the SWAT Model Special Section: Overview and Insights. *Journal of Environmental Quality*. 2014, 43(1), s. 1–8.

[9] KRAJČÍ, P., DANKO, M., HLAVČO, J., KOSTKA, Z., HOLKO, L. Experimental Measurements for Improved Understanding and Simulation of Snowmelt Events in the Western Tatra Mountains. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2016, 64(4), s. 316–328.

[10] DANKO, M., HOLKO, L., KOSTKA, Z., TACHECÍ, P. Simulácia vodnej hodnoty snehu, dávky vody z topiaceho sa snehu a odtoku počas zimného obdobia v horskom povodí. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2015, 16(1), s. 42–50.

[11] SLEZIAK, P., DANKO, M., HOLKO, L. Testing of an Alternative Approach to Calibration of a Hydrological Model Under Varying Climatic Conditions. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2019, 20(2), s. 131–138.

[12] HLAVČOVÁ, K., LAPIN, M., VALENT, P., SZOLGAY, J., KOHNOVÁ, S., RONČÁK, P. Estimation of the Impact of Climate Change-Induced Extreme Precipitation Events on Floods. *Contributions to Geophysics and Geodesy*. 2015, 45(3), s. 173–192. ISSN 1335-2806. Dostupné z: https://doi.org/10.1515/congeo-2015-0019

[13] HLAVČOVÁ, K., ŠTEFUNKOVÁ, Z., VALENT, P., KOHNOVÁ, S., VÝLETA, R., SZOLGAY, J. Modelling the Climate Change Impact On Monthly Runoff in Central Slovakia. *Procedia Engineering*. 2016, 161, s. 2127–2132.

[14] ŠTEFUNKOVÁ, Z., HLAVČOVÁ, K., LAPIN, M. Runoff Change Scenarios Based on Regional Climate Change Projections in Mountainous Basins in Slovakia. *Contributions to Geophysics and Geodesy*. 2013, 43(4), s. 327–350.

[15] RONČÁK, P., ŠURDA, P., VITKOVÁ, J. The Impact of Climate Change on the Hydropower Potential: A Case Study from Topľa River Basin. *Acta Hydrologica Slovaca*. 2021, 22(1), s. 22–29.

[16] MINĎAŠ, J., ŠKVARENINA, J. Lesné spoločenstvá a globálna klimatická zmena (Forest Associations and Global Climate Change). In: *Atlas krajiny Slovenskej republiky. XI. Stresové javy v krajine (Stress Phenomena in a Landscape)*. Bratislava: MŽP SR a SAŽP, 2002, s. 95.

Accepted for printing

[17] WANG, Z., BATELAAN, O., DE SMEDT, F. A Distributed Model for Water and Energy Transfer between Soil, Plants and the Atmosphere (WetSpa). *Physics and Chemistry of the Earth*. 1996, 21(3), s. 189–193. Willmott.
[18] NASH, J. E., SUTCLIFFE, J. V. River Flow Forecasting Through Conceptual Models. Part I – A Discussion of Principles. *Journal of Hydrology*. 1970, 10(3), s. 282–290.

Autori
Mgr. Peter Rončák, Ph.D.
roncak@uh.savba.sk
ORCID: 0000-0001-6981-7172

Ing. Justína Vitková, Ph.D.
vitkova@uh.savba.sk
ORCID: 0000-0003-4192-9724

Ing. Peter Šurda, Ph.D.
surda@uh.savba.sk
ORCID: 0000-0002-1367-9820

Ústav hydrológie Slovenskej akadémie vied, v. v. i., Bratislava

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022.03.001

Accepted for printing

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON RUNOFF AND DEVELOPMENT OF FOREST COMPOSITION IN THE FUTURE DECADES IN SELECTED RIVER BASIN IN SLOVAKIA

RONČÁK, P.; VITKOVÁ, J.; ŠURDA, P.

Institute of Hydrology Slovak Academy of Sciences

Keywords: forest composition – climate change – hydrological modeling

Climate change is a global phenomenon that affects changes in forest composition. Therefore, the article deals with changes in forest associations as a result of global climate changes. The aim of the research was estimation of change in forest associations under climate change on the runoff processes in the selected river basin. We used two land use scenarios with forest associations and two global climate change scenarios. Land use scenarios were created for the entire territory of the Slovak Republic by the Technical University of Zvolen. The outputs of the KNMI and MPI regional climate change models (both with A1B emission scenario) were used for this research. As a result of climate change, changes in forest composition can be expected.

The KNMI and MPI climate change scenarios represent less extreme changes (the A1B emission scenario). The scenarios considered suggest that practically all the basins analysed could be at risk from summer or early autumn droughts. Prolonged droughts can cause significant water shortages. These dry periods may be interrupted by short episodes of extreme rainfall or severe storm activity with rainfall inducing the formation of flash floods. According to current developments, it is likely that climate change can have a significant negative impact on local water resources with low water yields. On the other hand, it is possible that the long-term mean monthly runoff will increase in the winter. This could be due to higher temperatures and earlier snowmelt in these regions. The lack of water stored as snowpack in the winter could affect the availability of water for the rest of the year. It could also cause earlier snowmelt floods.

The results of the simulation are highly dependent on the availability of the input data, the parameterization of the land uses, the different types of vegetation in the model, and the schematization of the simulated processes; therefore, they need to be interpreted with a sufficient degree of caution and confronted with other results from the literature and experimental measurements. The outputs of the study could be used in an adaptation strategy for integrated river basin management and especially in the organization of the river basin management process and the assessment of the impacts of changes the use of river basin on runoff and the size of erosion-accumulation processes.

Accepted for printing

Accepted for printing