

VARIABILITA ZMIEN REŽIMU ODTOKU VYBRANÝCH TOKOV SLOVENSKA

Milan Trizna

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4

Abstract: Partial results of prognosis of change of runoff volume in dependence on influence of global climate changes do not provide sufficient overview about the situation in Slovakia. Only synthesis of the results provides us to see some connections to which is necessary to call attention. The contribution shows spatial differences in prognosis (estimation) of change of the runoff volume in published works as well as differences in analysis of a different period like one year.

Key words: impacts of climatic changes, runoff regime, variability

1. ÚVOD

Zmeny režimu odtoku tokov na území Slovenska boli v posledných rokoch predmetom záujmu viacerých autorov. Hybným impulzom boli pokusy o prognózu možných dôsledkov globálnych zmien klímy na zmenu vodnosti ako aj režim odtoku slovenských tokov. Vzhľadom na zameranie práce sa nebudeme venovať problematike zmien klímy, klimatických scenárov a ich dopadov na klímu Slovenska. V plnom rozsahu sme vychádzali z prác Melo 1996; Lapin, Melo 1999, 2000 ako aj z čiastkových syntéz, ktoré sú súčasťou prác zaoberajúcich sa možnými dôsledkami na hydrologický cyklus.

V predloženej štúdií sa budeme venovať analýze variability zmien režimu odtoku vybraných tokov Slovenska. Budeme sledovať variabilitu zmien v priestore ale aj variabilitu zmeny režimu odtoku v závislosti na jednotlivých obdobiach roka. Vo svojej analýze budeme vychádzať z doteraz publikovaných prác na túto tému, pričom sa pokúsime aj o porovnanie dosiahnutých výsledkov.

2. ZMENA REŽIMU ODTOKU VYBRANÝCH TOKOV SLOVENSKA

Ako sme už uviedli, analýza variability zmien režimu odtoku výbraných tokov Slovenska je založená na doteraz publikovaných prácach. Z hľadiska použitej metodiky môžeme tieto práce rozdeliť na dve základné skupiny. Do prvej skupiny patria práce, ktoré na prognózu zmeny režimu odtoku využili model WatBall, druhú skupinu tvoria práce, ktoré pre prognózu odtoku využili matematicko-štatistický model.

Water Balance Model (WatBal) je špeciálna implementácia koncepčného modelu odtoku so sústredenými parametrami CLIRUNS (Kaczmarek 1993). Bol odporučený ako modelovací nástroj v rámci riešenia projektu Country Study. Matematicko-štatistické modely vo svojej podstate vychádzajú z popisu základných zložiek časového radu (trendovej, periodickej a náhodnej) a ich extrapolácie do budúcnosti.

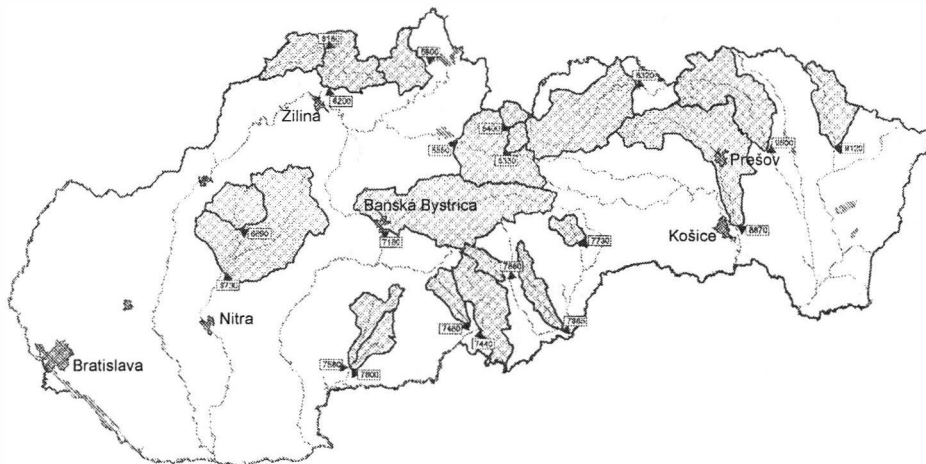
Výsledkom aplikácie obidvoch metodických postupov je séria prác, ktoré sa zaoberajú prognózou zmeny režimu odtoku v závislosti na zmene klimatických parametrov na území Slovenska. Na základe analýzy sme do výberu nakoniec zahrnuli len tie práce, ktoré pre modelovanie použili klimatický scenár CCCM (Lapin, Melo 1999) a vypracovali prognózu pre rok 2010. V prípade klimatického scenára bolo našou snahou zabezpečiť homogénnosť dosiahnutých výsledkov a v prípade časového horizontu prognózy zase snaha o porovnanie prognózovaných a reálnych výsledkov „v dohľadnom čase“. Na základe týchto kritérií boli vybrané výsledky publikované v prácach Majerčáková, Šedík 1995; Majerčáková et al. 1996; Szolgay et al. 1997; Szolgay et al. 2000; Čunderlík et al. 1998; Danihlík, Trizna, 2004. Z uvedených prác sme získali prognózu zmeny režimu odtoku pre rok 2010 s využitím klimatického scenára CCCM pre 20 vodných tokov na území Slovenska. Ich zoznam so základnými hydrologickými charakteristikami je uvedený v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Základné hydrologické charakteristiky vybraných tokov

Tok	Stanica	Číslo stanice	Plocha povodia (km ²)	Qa (1931 – 1980)
Bebrava	Biskupice	6690	312,64	2,27
Belá	Podbanské	5400	93,86	3,54
Biela Orava	Lokca	5800	359,96	6,77 *
Biely Váh	Východná	5330	100,39	1,64
Blh	Rimavská Seč	7885	270,18	1,04
Hron	Banská Bystrica	7160	1 766,48	27,99
Ipeľ	Holiša	7440	685,26	3,49
Krivánsky potok	Lučenec	7480	204,67	1,50
Krupinica	Plášťovce	7580	302,79	2,06
Kysuca	Čadca	6180	484,89	8,49
Kysuca	Kysucké Nové Mesto	6200	954,99	16,55
Laborec	Koškovce	9120	437,90	4,89
Litava	Plášťovce	7600	214,42	1,29
Nitra	Nitrianska Streda	6730	2 092,87	15,33
Poprad	Chmelnica	8320	1 262,41	16,28
Rimavica	Lehota nad Rimavicou	7860	148,95	1,71
Štítnik	Štítnik	7730	129,63	1,61
Topľa	Hanušovce	9500	1 050,03	8,59
Torysa	Košické Olšany	8870	1 298,30	8,02
Váh	Liptovský Mikuláš	5550	1 107,18	21,24

* 1951 – 1980

Základnú predstavu o ich rozmiestnení na území Slovenska získame z obr. 1. Je zrejmé, že v prípade pokračovania prác na predloženej štúdii bude potrebné doplniť povodia v juhozápadnej, západnej a juhovýchodnej časti Slovenska.



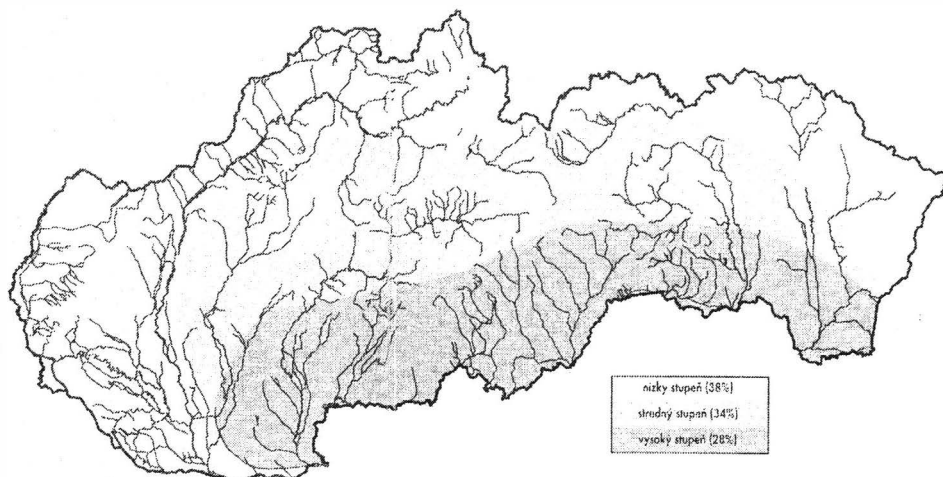
Obrázok 1 Mapa vybraných povodií tokov na území Slovenska

Pre všetky toky uvedené v tabuľke 1 bola spracovaná prognóza zmeny režimu odtoku pre časový horizont roku 2010, t.j. bola spracovaná prognóza hodnôt priemerných mesačných prietokov. V tabuľke 2 uvádzame hodnoty percentuálnej zmeny priemerných mesačných prietokov v roku 2010 v porovnaní s referenčným obdobím 1931 – 1980.

Tabuľka 2 Zmena priemerných mesačných prietokov tokov v roku 2010

Tok	Číslo stanice	Zmena priemerných mesačných prietokov (v%) v mesiacoch											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bebrava	6690	21	17	10	-3	-9	-13	-13	-5	-13	-3	0	4
Belá	5400	1	4	22	14	2	-11	-12	-5	-5	3	7	-1
Biela Orava	5800	9	16	18	-11	-7	-6	-12	0	-6	4	11	8
Biely Váh	5330	14	22	21	5	-4	-7	-9	-2	-12	-5	5	7
Blh	7885	24	24	11	-5	-16	-26	-22	-6	-30	-11	2	1
Hron	7160	1	14	21	-11	2	-2	-4	-4	1	6	10	4
Ipeľ	7440	22	4	0	-11	-12	-13	-14	-9	-9	-6	2	16
Krivánsky potok	7480	30	24	11	-6	-15	-18	-23	-6	-36	-8	2	4
Krupinica	7580	37	29	18	-6	-17	-32	-41	-17	-34	-14	2	4
Kysuca	6180	5	7	1	-14	-8	-8	-15	-9	-5	1	2	3
Kysuca	6200	10	12	4	-18	3	-9	-12	-11	-1	4	9	11
Laborec	9120	52	28	2	-31	-9	-3	-8	-8	-7	7	14	56
Litava	7600	36	31	16	-7	-21	-30	-32	-16	-43	-15	3	1
Nitra	6730	16	17	-4	-12	-8	-9	-11	-6	-6	-4	1	15
Poprad	8320	2	7	12	-3	-4	-8	-10	-10	-2	6	4	2
Rimavica	7860	9	49	13	-25	-11	-13	-14	-6	-8	-2	13	12
Štítnik	7730	19	20	12	-5	-15	-17	-13	-4	-20	-9	1	3
Topľa	9500	-20	16	-8	-35	-25	-7	-7	-9	16	21	23	7
Torysa	8870	15	65	-9	-40	-5	-14	-15	-14	-5	1	21	55
Váh	5550	9	17	37	13	-18	-6	-6	-6	-5	7	9	8

V predloženej štúdii sa nebudeme zaoberať analýzou a hodnotením zmeny režimu odtoku jednotlivých tokov alebo jednotlivých mesiacov. Zaujímá nás priestorová variabilita a taktiež zmena veľkosti odtoku za kratšie obdobie (napr. letný a zimný polrok), aké bolo doteraz vždy **uvádzané (ročné hodnoty)**. V prípade priestorovej variability nás zaujímalo najmä potvrdenie, resp. vyvrátenie prognózy existencie troch pásiem na území Slovenska (obr. 2), ktoré vo svojej práci prezentuje Majerčáková (1999). Vo svojej práci vychádzala z priemetu zmeny dlhodobej hydrologickej bilancie pre 11 hlavných povodí Slovenska (Morava, Dunaj, Váh, Nitra, Hron, Ipel', Slaná, Bodva, Hornád, Bodrog a Poprad).



Obrázok 2 Citlivosť povrchových vôd Slovenska na klimatickú zmenu (Majerčáková, 1999)

Pri zmene veľkosti odtoku za letný a zimný polrok sme vychádzali z hodnôt priemerných mesačných prietokov (Q_m) za referenčné obdobie 1931 – 1980 a z hodnoty percentuálnej zmeny týchto prietokov v roku 2010. Pomocou vzťahu (1) pre výpočet odtoku

$$O_m = Q_m \cdot \Delta t_m \quad (1)$$

sme určili hodnotu mesačného objemu odtoku, ročného objemu odtoku ako aj objemu odtoku za letný polrok (mesiace IV-IX) a zimný polrok (X-II) pre referenčné obdobie 1931 – 1980. Následne sme pomocou hodnôt percentuálnej zmeny určili aj hodnoty Q_m pre rok 2010 a z nich pomocou vzťahu (1) aj hodnoty O_m . Porovnaním hodnôt objemu odtoku za jednotlivé obdobia sme potom mohli vyčíslit' percentuálnu zmenu objemu odtoku za rok ako aj letný a zimný polrok. Vypočítané hodnoty sú uvedené v tabuľke 3 a tvoria základ pre priestorovú analýzu, ktorá je obsahom máp na obr. 3 až 5.

Hodnoty uvedené v tabuľke 3 je potrebné pozorne analyzovať. Napriek tomu, že percentuálne zmeny objemu odtoku sú uvedené za zdanlivo rovnaké časové obdobie (polroky), výsledná hodnota pre rok nie je jednoduchým priemerom polročných hodnôt. Pri tomto výpočte je potrebné dôsledne postupovať podľa vzorca (1). Podrobnejšie zhodnotenie výsledkov uvedených v tabuľke 3 je spracované v kapitole 3.

Tabuľka 3 Porovnanie nameraných (O_1) a vypočítaných (prognózných – O_2) hodnôt objemu odtoku (m^3) v jednotlivých obdobiach (leto O_L , zima O_Z , rok O_r)

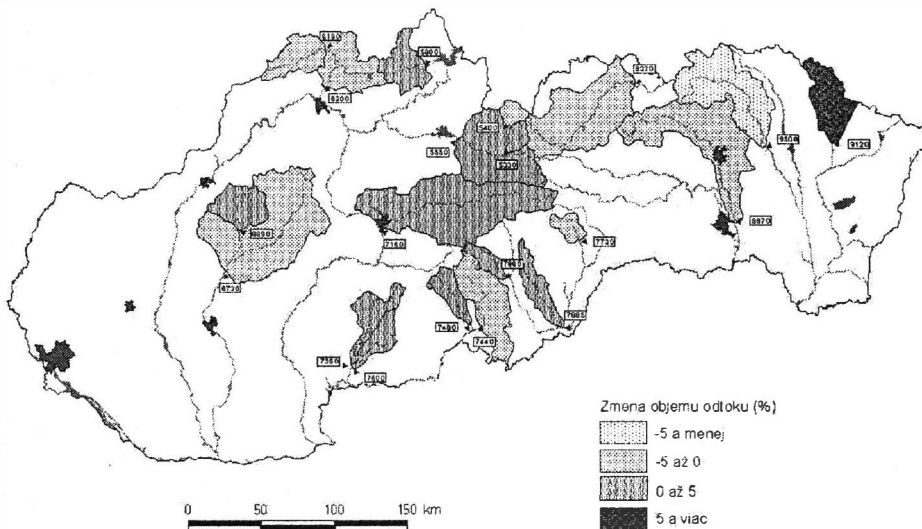
Tok	Číslo stanice		O_1	O_2	Zmena (%)
Bebrava	6 690	O_L	29 560 896	27 098 686,08	-8,33
		O_Z	42 115 680	46 194 779,52	9,69
		O_r	71 676 576	73 293 465,60	2,26
Belá	5 400	O_L	84 096 576	81 277 266,24	-3,35
		O_Z	27 546 912	29 026 200,96	5,37
		O_r	111 643 488	110 303 467,20	-1,20
Biela Orava	5 800	O_L	122 135 904	112 462 594,60	-7,92
		O_Z	91 765 872	102 744 469,40	11,96
		O_r	213 901 776	215 207 064,00	0,61
Biely Váh	5 330	O_L	30 715 200	29 491 145,28	-3,99
		O_Z	21 094 560	23 435 844,48	11,10
		O_r	51 809 760	52 926 989,76	2,16
Blh	7 885	O_L	13 241 059,2	11 268 082,37	-14,90
		O_Z	19 749 916,8	21 829 200,19	10,53
		O_r	32 990 976,0	33 097 282,56	0,32
Hron	7 160	O_L	500 969 664	481 176 339,80	-3,95
		O_Z	382 942 944	423 864 265,00	10,69
		O_r	883 912 608	905 040 604,80	2,39
Ipeľ	7 440	O_L	42 211 584	37 327 720,32	-11,57
		O_Z	68 167 440	72 088 945,92	5,75
		O_r	110 379 024	109 416 666,20	-0,87
Krivánsky potok	7 480	O_L	17 999 712,0	15 483 707,71	-13,98
		O_Z	29 366 323,2	32 963 264,06	12,25
		O_r	47 366 035,2	48 446 971,78	2,28
Krupinica	7 580	O_L	22 701 945,6	18 504 804,67	-18,49
		O_Z	42 424 128,0	49 430 053,44	16,51
		O_r	65 126 073,6	67 934 858,11	4,31
Kysuca	6 180	O_L	262 857 312	236 393 622,70	-10,07
		O_Z	259 826 832	279 895 919,00	7,72
		O_r	522 684 144	516 289 541,80	-1,22
Kysuca	6 200	O_L	133 787 808	119 141 115,80	-10,95
		O_Z	134 307 936	138 112 724,20	2,83
		O_r	268 095 744	257 253 840,00	-4,04
Laborec	9 120	O_L	69 948 576	59 047 021,44	-15,59
		O_Z	84 487 104	103 839 909,10	22,91
		O_r	154 435 680	162 886 930,60	5,47
Litava	7 600	O_L	13 297 651,2	10 793 812,03	-18,83
		O_Z	27 558 576,0	32 099 280,48	16,48
		O_r	40 856 227,2	42 893 092,51	4,99
Nitra	6 730	O_L	208 971 360	189 185 863,70	-9,47
		O_Z	275 488 992	293 810 958,70	6,65
		O_r	484 460 352	482 996 822,40	-0,30
Poprad	8 320	O_L	327 732 480	306 921 882,20	-6,35
		O_Z	186 327 216	198 200 533,00	6,37
		O_r	514 059 696	505 122 415,20	-1,74
Rimavica	7 860	O_L	25 802 582,4	21 871 696,90	-15,23
		O_Z	28 070 928,0	32 580 226,08	16,06
		O_r	53 873 510,4	54 451 922,98	1,07
Štítnik	7 730	O_L	26 230 176	23 172 272,64	-11,66
		O_Z	24 596 352	26 540 049,60	7,90
		O_r	50 826 528	49 712 322,24	-2,19

Pokračovanie tabuľky 3

Topľa	9 500	O _L	136 015 200	112 678 223,00	-17,16
		O _Z	135 219 888	139 997 635,20	3,53
		O _r	271 235 088	252 675 858,20	-6,84
Torysa	8 870	O _L	137 250 720	110 827 915,20	-19,25
		O _Z	115 866 720	136 952 752,30	18,2
		O _r	253 117 440	247 780 667,50	-2,11
Váh	5 550	O _L	438 342 624	415 884 499,20	-5,12
		O _Z	232 132 608	267 573 853,40	15,27
		O _r	670 475 232	683 458 352,60	1,94

3. PRIESTOROVÁ VARIABILITA ZMENY REŽIMU ODTOKU

Z hľadiska zmeny veľkosti odtoku v roku 2010 v porovnaní s priemerom referenčného obdobia 1931 – 80 môžeme konštatovať, že vo vybraných povodiach na Slovensku dôjde ako k nárastu, tak aj poklesu objemu odtoku počas roka (obr. 3).



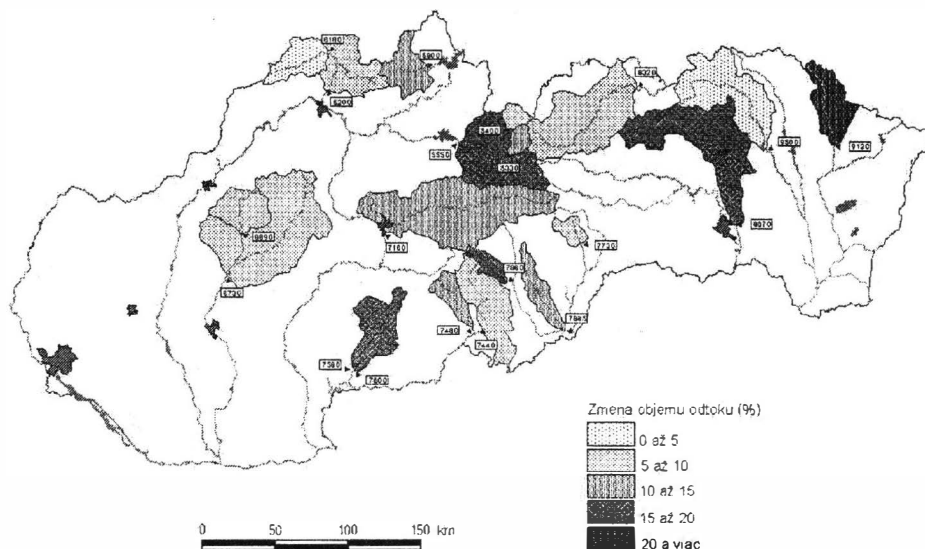
Obrázok 3 Zmena ročného objemu odtoku častí povodií vybraných tokov Slovenska v roku 2010

Pri porovnaní výsledkov z prácou Majerčáková (1999 – obr. 2) však konštatujeme rozdiely. Pre hodnotenú časť povodia Laborca sme zaznamenali nárast objemu odtoku o 5,47 %, čo je v súlade s prognózou nízkeho stupňa citlivosti. Susedné povodie Tople však vykazuje pokles objemu odtoku o 6,84 %, čo je najnižšia hodnota v ročnom chode. Povodia Torysy, Popradu a Belej by sme tiež mohli zaradiť skôr medzi toky s vyššou ako strednou citlivosťou. Prekvapujúco Kysuca vykazuje v prognóze pokles objemu odtoku

(o 1,22, resp. 4,04 %). Naproti tomu hodnotené časti povodí Váhu, Hrona, Bebravy, Krupinice, Litavy, Krivánskeho potoka, Rimavice a Blhu, ktoré by mali vykazovať stredný a dokonca vysoký stupeň citlivosti dosiahli v prognóze ročného objemu odtoku nárast hodnôt (0 až cca 5%). Len hodnotená časť povodia Ipľa, Štítnika a Nitry sa dostala v prognóze do záporných čísiel, t.j. predpokladáme pokles objemu odtoku (max. o 2,19 %).

Vysvetliť príčiny rozdielu v dosiahnutých prognózných hodnotách v porovnaní s rámcovou regionalizáciou územia Slovenska z hľadiska citlivosti povrchového odtoku nie je jednoduché. Domnievame sa však, že hlavnou príčinou je spôsob hodnotenia, t.j. metodický postup. Nemáme teraz na mysli použité scenáre, či modelovacie nástroje. Príčinou by mohol byť rozsah územia, t.j. veľkosť povodí. V práci Majerčáková (1999) boli hodnotené celé povodia na základe dostupných údajov z jednotlivých staníc. Je nesporné, že z rastom veľkosti povodia rastie kompenzačná schopnosť povodia zhladiť možné extrémne hodnoty v prípade, že faktor, ktorý extrém spôsobil nezasiahol celé povodie. Takže pri rámcovom odhade zmeny priemernej ročnej teploty vzduchu, úhrnu zrážok a pod. má veľkosť povodia významnú pozitívnu úlohu. Tento fenomén sa však stratí pri detailnom pohľade na časti povodia a na základe tohto detailného pohľadu boli dosiahnuté výsledky vo všetkých použitých prácach. Je preto pochopiteľné, že sa to odrazilo aj na odlišných výsledkoch.

Rozdiel medzi komplexným a detailným pohľadom sme predpokladali aj v prípade porovnávaní ročných a sezónnych hodnôt. Ako je zrejme z tabuľky 3 a obr. 3 až 5 tento predpoklad bol správny.

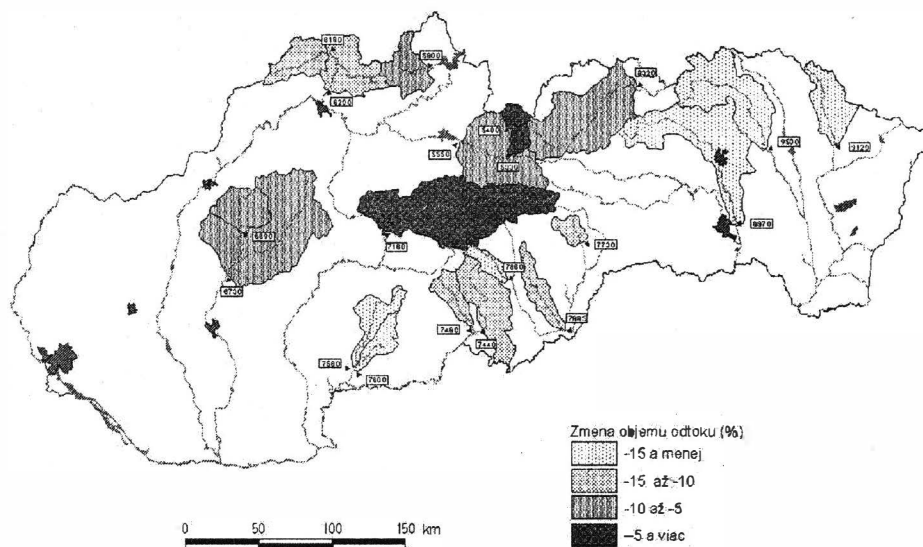


Obrázok 4 Zmena objemu odtoku (zimný polrok) častí povodí vybraných tokov Slovenska v roku 2010

Pri hodnotení zimného polroka (obr. 4) je potrebné uviesť, že klimatické scenáre v tomto období predpokladajú nárast objemu zrážok a to najmä v tekutom skupenstve.

Takto získaná voda bude okamžite odtekať, čo sa prejaví nárastom objemu odtoku. Je zrejmé, že všetky sledované povodia vykázali nárast objemu odtoku. Aj keď nie bez výnimky môžeme konštatovať, že toky v severnej polovici územia zvýšia objem odtoku výraznejšie ako toky v južnej polovici.

Predpoklad výrazných rozdielov v priestorovom rozložení zmien v objeme odtoku sa potvrdil najmä pri hodnotení letného polroku (obr. 5). Všetky toky síce vykázali pokles odtoku, rozdiel v objeme je výraznejší. Najmenšiu zmenu sme podľa predpokladu zaznamenali v povodí Belej (−3,35 %) a Hrona (−3,95 %), o niečo väčší pokles vykazujú Váh (−5,12 %), Poprad (−6,35 %) a Biela Orava (−7,92 %). „Záhadou“ zostáva vyšší pokles objemu odtoku v povodí Kysuce (−10 %) ako sme pôvodne predpokladali. Podľa predpokladu (v zhode s obr. 2) výrazný pokles objemu odtoku vykazujú Litava (−18,83 %), Krupinica (−18,49 %), Blh (−14,9 %) a Ipeľ (−11,57). Najvyššie hodnoty poklesu objemu odtoku v letnom polroku sme však zaznamenali v povodí Torusy (−19,25 %), pričom aj hodnoty poklesu v prípade povodia Topli (−17,16 %) a Laborca (−15,59 %) boli z hľadiska doteraz publikovaných prác neočakávané.



Obrázok 5 Zmena objemu odtoku (letný polrok) častí povodí vybraných tokov Slovenska v roku 2010

ZÁVER

Čiastkové výsledky prognózy zmeny objemu odtoku v závislosti na vplyve globálnych klimatických zmien tak, ako boli publikované v uvedených prácach neposkytujú dostatočný prehľad o situácii na území Slovenska. Až syntéza týchto výsledkov nám umožní vidieť niektoré súvislosti, na ktoré je potrebné upozorniť. V predloženej štúdii

sme sa preto pokúsili upozorniť na priestorové rozdiely v prognóze (odhade) zmeny objemu odtoku v doteraz publikovaných prácach ako aj na rozdiely pri analýze iného časového úseku ako jeden rok. Výsledky práce, prezentované najmä v tabuľke 3 a obr. 3 až 5 môžu slúžiť ako základ pre ďalšie spracovanie uvedenej problematiky.

Predložený príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantového projektu agentúry VEGA č. 1/0042/03.

Literatúra

- ČUNDERLÍK, J., HLAVČOVÁ, K., SZOLGAY, J. 1998. Vplyv klimatickej zmeny na vnútroročné rozdelenie odtoku vo vybraných povodiach Slovenska. In: *Vodohospodársky časopis*, Vol. 46, No. 2, s. 114-143.
- DANIHLÍK, R., TRIZNA, M. 2004. Vplyv klimatickej zmeny na režim odtoku vo vybraných povodiach Slovenska. In: *Geografický časopis* (v tlači).
- KACZMAREK, Z. 1993. Water balance model for climate impact analysis. In: *ACTA Geophysica Polonica*, 41, 4, s. 21-35.
- LAPIN, M., MELO, M. 1999. Climatic Changes and Climate Change Scenarios in Slovakia. In: *Meteorologický časopis*, 2, 4, s. 5-15.
- LAPIN, M., MELO, M. 2000. Zmeny a variability klímy, scenáre zmeny klímy. In: *Životné prostredie*, XXXIV, 2, s. 69-74.
- MAJERČÁKOVÁ, O., ŠEDÍK, P. 1995. *Odhad možných zmien odtoku počas roka na základe štatistického modelu*. Správa pre NKP SR, Bratislava, 15 s.
- MAJERČÁKOVÁ, O., MINÁRIK, B., ŠEDÍK, P., CAGARDOVÁ, Ž. 1996. *Možné zmeny odtoku počas roka na tokoch Slovenska v dôsledku potenciálnych klimatických zmien*. Country Study Program SR, SHMÚ Bratislava, 42 s.
- MAJERČÁKOVÁ, O. 1999. Citlivosť územia Slovenska vzhľadom na potenciálnu zmenu klímy a vodné zdroje. In: *Minár, J., Trizna, M. (eds). Teoreticko-metodologické problémy geografie, príbuzných disciplín a ich aplikácie*. PRIF UK Bratislava, s. 311-316.
- MELO, M. 1996. Klimatické scenáre. In: *NKP SR, 4, MŽP SR a SHMÚ Bratislava*, s. 5-21.
- SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., PARAJKA, J., ČUNDERLÍK, J. 1997. Vplyvy klimatickej zmeny na odtokový režim na Slovensku. In: *NKP SR, 7, MŽP SR a SHMÚ Bratislava*, s. 11-110.
- SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., PARAJKA, J., ČUNDERLÍK, J. 2000. Modelovanie vplyvu zmeny klímy na režim odtoku v regióne stredného Slovenska. In: *NKP SR, 9, MŽP SR a SHMÚ Bratislava*, s. 15-38.

Summary

Variability of changes of runoff regime on selected streams of Slovakia

We devote to analysis of variability of changes of runoff regime on selected streams of Slovakia in the contribution. We have observed the variability of changes in space and also variability of changes of runoff regime in dependence on particular periods of the year. The analysis issued from published works dealing with the theme. We have also tried to compare gained results.

We selected after the analysis only the works, which have used for modelling the climatic scenario CCCM (Lapin, Melo, 1999) and done the prognosis for 2010. We have used for the prognosis of change of runoff regime the model WatBall and a mathematical-statistical model.

We have issued at the change of runoff size during the summer and winter half of the year from values of mean month discharge (Q_m) for the reference period 1931 – 1980 and from value of per cent change of the discharges in 2010. We have determine the value of month runoff volume, year runoff volume as well as runoff volume for the summer half of the year (months IV – IX) and for the winter half of the year (X – III) for the reference period 1931 – 1980 after the relation (1). Than we have gained by application of the CCCM scenario the prognosis of the runoff volume for 2010.

We may state, that in selected watersheds in Slovakia the runoff volume will both increase and decrease during the year (fig. 3). The runoff increase in the winter half of the year (fig. 4) is caused by the increased share of liquid precipitation. The runoff decrease in the summer half of the year (fig. 5) may in some regions in Slovakia cause critical problems with water shortage.

Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Department of Physical Geography and Geoecology, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, Slovakia
e-mail: trizna@fns.uniba.sk