

## VÝVOJ ZLOŽIEK HYDROLOGICKEJ BILANCIE ZA OBDOBIA 1931–1980 a 1961–2000

OLGA MAJERČÁKOVÁ, PETER ŠKODA, PAVEL ŠŤASTNÝ,  
PAVOL FAŠKO

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava;

mailto: [olga.majercakova@shmu.sk](mailto:olga.majercakova@shmu.sk), [peter.skoda@shmu.sk](mailto:peter.skoda@shmu.sk), [pavel.stastny@shmu.sk](mailto:pavel.stastny@shmu.sk), [pavol.fasko@shmu.sk](mailto:pavol.fasko@shmu.sk)

V referáte sa diskutujú otázky výberu reprezentatívneho obdobia pre stanovenie hydrologických charakteristík. Ďalej sa uvádzajú charakteristiky odtoku a zrážok za obdobia 1931–1980 a 1961–2000. Na základe hodnotenia hlavných komponentov hydrologickej bilancie Slovenska sa obidve obdobia porovnávajú a opisuje sa vývoj odtokových pomerov ostatného obdobia.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** hydrologické charakteristiky, klimatické charakteristiky, zrážky, odtok, hydrologická bilancia Slovenska.

Olga Majercakova, Peter Skoda, Pavel Stastny, Pavol Fasko: THE DEVELOPMENT OF WATER BALANCE COMPONENTS FOR THE PERIODS 1931–1980 AND 1961–2000. J. Hydrol. Hydromech., 52, 2004, 4; 9 Refs, 6 Figs, 3 Tabs.

In the paper there the questions of selection of representative period for the hydrological characteristics assessment are discussed. Also the characteristics of runoff and precipitation for the periods 1931–1980 and 1961–2000 are presented. The main components of water balance in Slovakia are the basis for comparison of both periods. The assessment of development of runoff condition during the last decades is presented.

**KEY WORDS:** Hydrological Characteristics, Climatic Characteristics, Precipitation, Runoff, Water Balance in Slovakia.

### 1. Úvod

Nerovnomernosť priestorového a časového rozloženia vodných zdrojov je evidentná nielen v globálnej miere, ale je výrazná aj vo vnútri kontinentov a prejavuje sa aj na tak malom územnom celku, akým je Slovensko; navyše treba mať na zreteli, že z celkového množstva vody na Zemi je pre človeka využiteľné iba 0,01 %. Táto skutočnosť nás núti poznať režim správania sa obehu vody v prírode aspoň do takej miery, aby sme vedeli vodné zdroje chrániť, racionálne využívať a chrániť spoločnosť pred následkami extrémnych hydrologických situácií.

Kvantitatívne charakteristiky hydrosféry a atmosféry hodnotí v rámci svojich činností Slovenský hydrometeorologický ústav a na ich základe spracúva odborné posudky, expertízy a štúdie.

Hydrologické a klimatické údaje, ktoré ústav poskytuje, sú podkladom najmä pre:

– fyzicko-geografický opis konkrétneho územia;

- regionalizáciu územia z rôznych hľadísk;
- návrh, výstavbu a prevádzku inžinierskych stavieb, zariadení a objektov na tokoch, cestných a železničných telies,
- úpravu tokov, manipulačné poriadky a pod.;
- protipovodňovú ochranu a hodnotenie povodní;
- hodnotenie sucha;
- všeobecné nakladanie s vodami, ich bilančné hodnotenie a racionálne využívanie;
- hodnotenie kvality životného prostredia, jeho ochranu a tvorbu;
- štátnu správu.

### 2. Hľadanie nového referenčného obdobia

V priebehu osemdesiatich rokov sa v sérii výskumných hydrologických úloh zhodnotilo obdobie 1931–1980. Údaje a charakteristiky hodnotené pre vodomerné stanice sa následne rozpracovali na celé územie Slovenska.

Obdobie 1931–1980 sa spočiatku pokladalo za reprezentatívne, neskôr sa začalo označovať ako obdobie referenčné. Hlavné zložky hydrologickej bilancie, *M*-denné prietoky a po prvýkrát aj priemerné mesačné prietoky sa rozpracovali do 1471 profilov a na ich základe sa až do dnešných dní vypracovali stovky hydrologických posudkov, od štandardných až po štúdie zásadného významu.

V posledných 20 rokoch minulého storočia sa zistili zmeny v charaktere hydrologických radov na niektorých slovenských riekach. Z iniciatívy hydroológov hydrologickej služby SHMÚ sa v roku 1991 zorganizoval seminár „Možnosti vplyvu klimatických zmien na hydrologický režim“, na ktorom sa po prvý raz na odbornom stretnutí tieto zistenia uviedli a dokumentovali. Následne v rámci Národného klimatického programu (NKP) ČSFR a neskôr v rámci NKP SR sa spracovali odborné štúdie z oblasti hydrologie, klimatológie, vodného hospodárstva a ďalších vedných disciplín, ktorých cieľom bolo odhadnúť možné dôsledky potenciálnych klimatických zmien.

Veľmi úzkym prepojením klimatologických, hydrologických a vodohospodárskych štúdií vystala potreba definovať spoločné východiskové obdobia. Klimatológia na charakterizovanie podnebia totiž používala a doposiaľ používa tzv. normálové 30-ročné obdobia ako výsledok medzinárodných konvencií. Doposiaľ sa spracovali roky: 1901–1930, 1931–1960 a 1961–1990. Keďže merania z osemdesiatych a deväťdesiatych rokov naznačujú existenciu počiatočných prejavov účinkov klimatických zmien, za východiskové obdobie pre hodnotenie klimatických zmien a ich možných dôsledkov sa konsenzom prijalo obdobie 1951–1980.

Treba však podotknúť, že rozdiely v hydrologických charakteristikách medzi hydrologickým referenčným obdobím 1931–1980 a východiskovým obdobím pre NKP SR 1951–1980 neboli významné, a teda pre slovenskú hydrológiu to neznamenal veľkú zmenu. Doposiaľ klimatické a hydrologické údaje a charakteristiky z obdobia 1951–1980 používame výlučne pri hodnotení východiskového stavu klimatických a hydrologických pomerov v súvislosti s nastupujúcimi klimatickými zmenami.

Napriek tomu sa slovenská hydrológia v slovnom spojení reprezentatívne obdobie vzdala prívlastku „reprezentatívne“, a to z dvoch dôvodov: prvým bola spomenutá dohoda s klimatológmi, druhým bola skutočnosť, že od 80. rokov minulého storočia obdobie 1931–1980 „prestalo byť pre ďalšie roky reprezentatívne“.

Samozrejme naďalej zostáva otázka, aké obdobie v hydrológii používať na odvodenie charakteristík tak, aby sa tieto charakteristiky mohli prakticky uplatňovať. Vzhľadom na evidentnú nestacionaritu hydrologických procesov sa na jednej strane presadzuje názor na maximálne skracovanie týchto období (podľa týchto názorov by ich dĺžka nemala presiahnuť 30 rokov, čím by vlastne došlo k rovnakej dĺžke hydrologických a klimatologických radov); na druhej strane stojí názor opačný – t.j. využívať celé obdobia meraní so všetkými informáciami, ktoré nám poskytujú. Slovenská hydrológia sa v súčasnosti pohybuje „uprostred“ týchto mantinelov, posledné spracovania sa robia pre obdobie 1961–2000.

Sledovaniu zákonitostí dlhodobého režimu kolísania prietokov sa na Slovensku venovala napr. *Pekárová* (2000), ktorá odporúča používať 26–28-ročný cyklus a určovať priemerné hydrologické charakteristiky za obdobia 1932–1959 alebo 1932–1987, čo by prakticky odpovedalo referenčným obdobiam v Hydrologických pomeroch (1970) resp. v Hydrologických charakteristikách (1988). Takéto analýzy prietokových radov predpokladajú ich stacionárne správanie. Vo veľmi podobných klimatických podmienkach v Českej republike *Kašpárek* (2000) pri odvodzovaní prietokových charakteristík z radov priemerných prietokov, pokiaľ sa na rady pozeráme ako na stacionárne, neodporúča predĺžiť východzie obdobie na dlhšie ako 50 rokov. Považuje za vhodné obmedziť dĺžku východiskového radu na 40 až 50 rokov a napríklad každých 20 rokov odhady priemerov prietoku aktualizovať. Týmto postupom sa zväčšuje nádej na zníženie chýb, odpovedajúcich dlhodobému kolísaniu prietokov, ktoré je dôsledkom hlavne dlhodobého kolísania zrážok. Obdobné názory prijíma aj slovenská hydrologická komunita, čo viedlo na SHMÚ k novému spracovaniu hydrologických charakteristík.

Pregnante vyjadril svoj názor k uvedeným problémom *Dzubák* (1995): „*Východiskový stav: – nepoznáme dost' spoľahlivo cyklické zmeny hydrologických prvkov a ich príčiny..., – odhadujeme so značnou neistotou prejav strednodobých cyklov, – najlepšie poznáme krátkodobé cykly, vrátane ich prieniku do cyklov strednodobých, – len hmlisto a s veľkým rozptylom tušíme prejavy klimatických zmien. Toto je stav, v ktorom má inžinierska hydrológia poskytnúť inžinierskej praxi metodiku určovania hydrologických prvkov, ktoré budú podkladom návrhu technických prvkov a zariadení, ktoré by mali poskytovať požadované efekty, resp. bezpečnostné parametre na niekoľko desaťročí v budú-*

com storočí, o ktorom niektorí tvrdia, že bude mať iné prírodné podmienky, než v akých sme doteraz žili.“

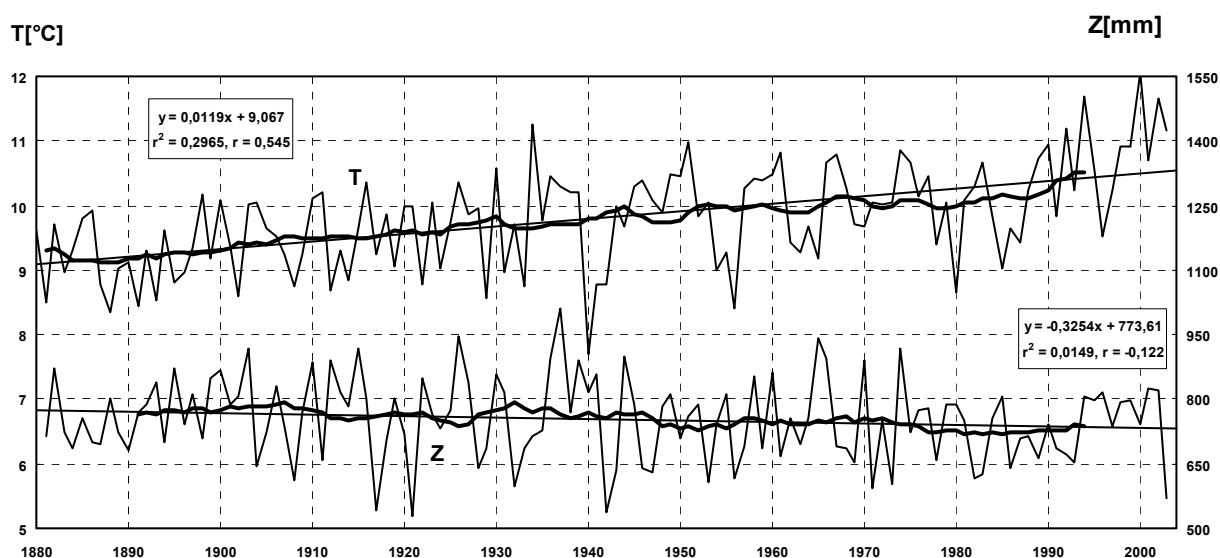
Reprezentatívne obdobie (ktoré vlastne reprezentovalo len samo seba) sme teda z objektívnych príčin prestali považovať za reprezentatívne. Avšak aj naďalej toto obdobie považujeme za referenčné (akýsi „pevný bod“), s ktorým by sme mali súčasný aj budúci vývoj porovnávať a prípadné zistené zmeny analyzovať. Aby sa nám nezamieňali pojmy reprezentatívne obdobie, referenčné obdobie a iné obdobie použité na výpočet práve platných hydrologických charakteristík, navrhujeme každé „iné“ obdobie aspoň pracovne nazvať „charakteristické hydrologické obdobie“ a označovať ho rokmi, ktoré ho vymedzujú.

Požiadavku na čo najdlhší rad považujeme za opodstatnenú, pokiaľ je naším cieľom opísať hydrologický režim zo všeobecného hľadiska, resp. identifikovať zmeny, ktorým tento režim podlieha. Požiadavka na čo najdlhšie rady je opodstatnená aj pri odhade návrhových veličín ( $N$ -ročných maximálnych a minimálnych prietokov), keďže v dlhých radoch je väčšia pravdepodobnosť výskytu a zaznamenania extrémnych hydrologických situácií. Pokiaľ je naším cieľom poskytnúť podklady pre návrh, riešenie, resp. posúdenie určitej aktivity, potrebujeme opísať taký úsek minulosti, ktorý nám s prijateľným stupňom spoľahlivosti dovolí odha-

dovať budúcnosť na určité obdobie. V okolitých štátoch ani v rámci EÚ nie je dohodnuté obdobie pre spracovanie hydrologických charakteristík.

Zmena hydrologických charakteristík nie je jednoduchou záležitosťou nie pre samotnú hydrológiu, ale pre užívateľov hydrologických informácií. Na akékoľvek zmeny hydrologických charakteristík citlivo môže reagovať najmä vodné hospodárstvo, stavebníctvo a viaceré ďalšie sektory. Preto každá zmena musí byť nanajvýš opodstatnená a argumentačne precízne zdokumentovaná. Aj to je jeden z dôvodov, prečo sme pristúpili k porovnaniu referenčného obdobia s novým charakteristickým hydrologickým obdobím.

Pri hľadaní nového charakteristického hydrologického obdobia, ktoré by vhodne nahradilo obdobie 1931–1980, vychádzali sme nielen z uvedených faktov, ale aj z faktu, že najmä za posledné štyri dekády minulého storočia bola rozvinutá a stabilizovaná monitorovacia sieť SHMÚ. Preto na základe diskusií a zvážení viacerých relevantných skutočností sme navrhli v ďalších rokoch používať hydrologické charakteristiky odvodené z pozorovaní v rokoch 1961–2000. Opätovné prehodnotenie hydrologických charakteristík by bolo vhodné uskutočniť po roku 2010 až 2015, ak sa dovtedy neziskajú také poznatky, ktoré by nás prinútili tento plán prehodnotiť.



Obr. 1. Priebeh ročných hodnôt teploty vzduchu  $T$  v Hurbanove a množstva atmosférických zrážok  $Z$  na území Slovenska za obdobie 1880–2003.

Fig. 1. Course of yearly air temperature  $T$  in Hurbanovo and precipitation total  $Z$  at the Slovak territory for the period 1880–2003.

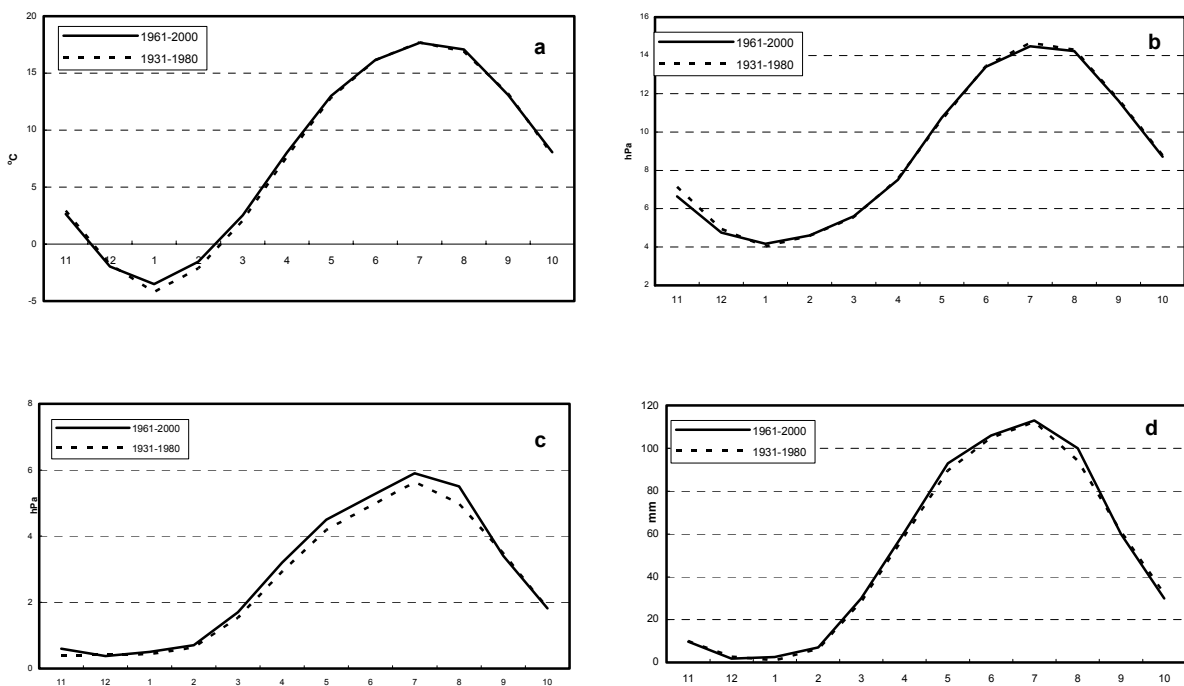
### 3. Porovnanie vybraných hydrologických charakteristík za obdobia 1931–1980 a 1961–2000

Základnou metódou hodnotenia vývoja klimatických a hydrologických procesov krajiny je komparácia. Pri komparácii spravidla hodnotíme a porovnáваме výsledky monitorovania klimatických a hydrologických prvkov dvoch období. Aplikácia tejto metódy vyžaduje splnenie viacerých požiadaviek; z nich spomenieme len niektoré:

- základným predpokladom je existencia dlhodobých kontinuálnych meraní klimatických a hydrologických prvkov;
- dôležitou skutočnosťou je definovanie (výber) porovnávacieho obdobia, ktoré označujeme ako referenčné; v prípade slovenskej hydrologie navrhujeme zostať pri referenčnom období 1931–1980;

- porovnávané obdobie najčastejšie volíme vzhľadom na referenčné ako obdobie disjunktné (čo nie vždy možno prakticky uplatniť), jeho dĺžka by mala byť dostatočná pre základné štatistické hodnotenie, domnievame sa, že by mala byť aspoň 30 rokov;
- napokon by sme chceli zdôrazniť, že obidva rady, ktoré porovnáваме, by mali byť homogénne, t.j. mala by byť zachovaná jednak technológia a metodika meraní a spracovaní údajov, jednak by mali byť eliminované vplyvy lokálnej antropogénnej činnosti, ktorá mohla výrazným spôsobom merania ovplyvniť.

V čom nás prax pri uplatňovaní komparácie najviac obmedzuje? V klimatológii je to najčastejšie technologická nehomogenita radov, ktorú je potrebné odstraňovať tzv. homogenizáciou radov. V hydrologii sú to spravidla kratšie rady pozorovaní ako v klimatológii.



Obr. 2 Priemerné mesačné hodnoty vybraných klimatických prvkov za obdobia 1931–1980 a 1961–2000: a) teplota vzduchu, b) tlak vodnej pary, c) sýtosťný doplnok, d) potenciálna evapotranspirácia.

Fig. 2. Mean monthly values of the selected climatic characteristics for the periods 1931–1980 and 1961–2000; a) air temperature, b) water vapour pressure, c) saturation deficit, d) potential evapotranspiration.

Do klimatických a následne hydrologických procesov sa nám kontinuálne projektujú viaceré zmeny, ktoré spôsobujú ich nestacionaritu. V zásade možno hovoriť o troch typoch týchto zmien:

- Kolísanie klímy, t.j. periodické zmeny klímy. Prejavujú sa dlhodobým kolísaním hodnôt meteorologických prvkov okolo priemeru, a to ako na jednu, tak na druhú stranu. Amplitúda týchto zmien môže mať relatívne veľké hodnoty. Výky-

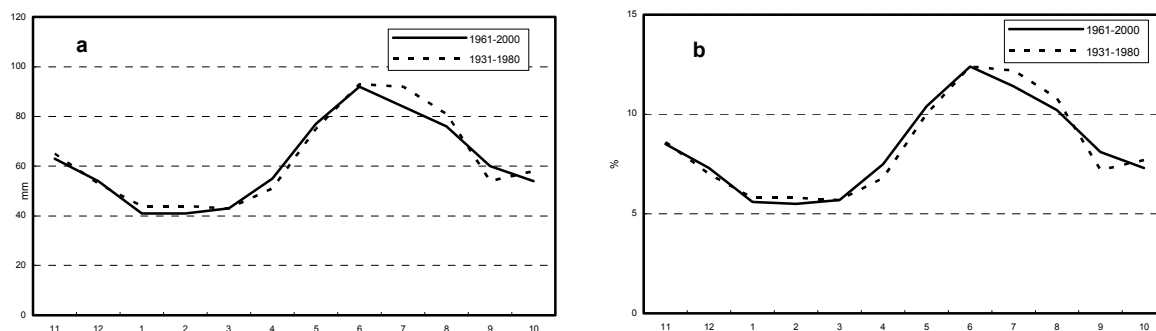
vy sú najviac charakteristické pre zrážky a teplotu vzduchu. Tento typ zmien sa nazýva aj sekulárne kolísanie klímy. Základnou príčinou sú dlhodobé vratné zmeny všeobecnej cirkulácie atmosféry.

- Klimatické zmeny, t.j. zmeny klímy prebiehajúce počas veľmi dlhých období v jednom smere (otepľovanie, alebo naopak ochladzovanie). Dotýkajú sa našej planéty ako celku. Príčiny majú celoplanetárny charakter; môžu to byť jednak astronomické javy, alebo telurické zmeny.
- Klimatická zmena, t.j. ide o zmenu klímy, ktorej podnetom je antropogénna činnosť. Príčinou posledného – nového typu zmien je najmä zmena chemického zloženia atmosféry, zvyšovanie koncentrácie CO<sub>2</sub>, ďalších skleníkových plynov a zvýšené množstvo aerosólov v atmosfére. Nie

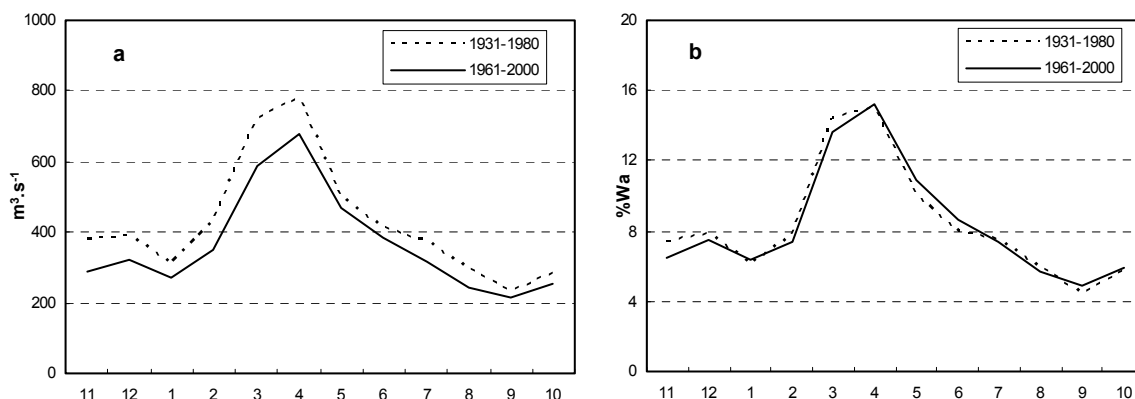
všetky prímеси atmosféry pôsobia v smere otepľovania, napr. aerosóly majú opačný účinok.

Dôvodom, prečo sme sa podrobnejšie pristavili pri jednotlivých typoch klimatických zmien je, že ich prejavy sa temer bezprostredne prejavajú na zmenách hydrologického cyklu; preto sa niekedy v súvislosti s klimatickými zmenami a s ich účinkom na hydrosféru používa aj termín hydroklimatické zmeny.

Odlíšenie (odseparovanie) príčin, prejavov a účinkov jednotlivých typov klimatických zmien nie je bezproblémové, aj keď posledný typ zmeny má zrejme najdynamickejší priebeh. Avšak v prípade predikcie týchto procesov, no najmä v prípade hľadania adaptačných a zmierňujúcich opatrení stáva sa odpoveď na túto otázku kľúčovou.



Obr. 3a) Priemerné mesačné úhrny zrážok na území Slovenska za obdobia 1931–1980 a 1961–2000; b) Percentuálne rozdelenie úhrnov zrážok na území Slovenska v roku za obdobia 1931–1980 a 1961–2000.  
Fig. 3a) Mean monthly precipitation totals at the Slovak territory for the periods 1931–1980 and 1961–2000; b) Percentual distribution of the precipitation total on the Slovak territory for the periods 1931–1980 and 1961–2000.



Obr. 4a) Priemerné mesačné odtoky z územia Slovenska [m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>] za obdobia 1931–1980 a 1961–2000; b) Percentuálne rozdelenie odtoku z územia Slovenska za obdobia 1931–1980 a 1961–2000.  
Fig. 4a) Mean monthly runoff at the Slovak territory [m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>] for the periods 1931–1980 and 1961–2000; b) Percentual distribution of runoff at the Slovak territory for the periods 1931–1980 and 1961–2000.

Určujúcimi podmienkami pre stav a vývoj hydrologickej bilancie je teplota vzduchu a atmosférické zrážky. Priebeh obidvoch prvkov od roku 1880 až do roku 2003 predstavujeme na obr. 1. Údaje o teplote vzduchu sú zo stanice Hurbanovo, územné úhrny zrážok sú spracované pre celé Slovensko. Je evidentné, že teplota v tejto stanici za posledných zhruba 120 rokov vzrástla približne o 1,5 °C, trend zrážok na území Slovenska je veľmi mierne klesajúci, avšak koncom storočia boli zrážky väčšinou už nad týmto klesajúcim trendom. Trend teploty v stanici Hurbanovo, pretože teplota je oveľa konzervatívnejší údaj ako zrážky, re-prezentuje trend celého územia Slovenska. Pre graf sme vybrali túto stanicu, pretože má najdlhšie a naj-spoľahlivejšie pozorovania na našom území. V ďalších grafoch sa zameriame na porovnanie klimatických a hydrologických prvkov za obdobia 1931–1980 a obdobia 1961–2000.

Na obr. 2 sú porovnané priemerné mesačné hodnoty vybraných klimatických prvkov (teplota vzduchu, tlak vodnej pary, sýtosťný doplnok a potenciálna evapotranspirácia) na území Slovenska za uvedené obdobia. Priemerné ročné hodnoty všetkých vybraných prvkov za obdobie 1961–2000 mierne vzrástli.

Ročný chod vybraných klimatických prvkov za porovnávacie a porovnávané obdobie nevykazuje zásadné zmeny. Aj keď sa rozdiely na grafoch nezadajú signifikantné, za zmienku stojí nárast teplôt v zime a koncom leta, ďalej prakticky celoročný nárast sýtosťného doplnku, a nárast potenciálnej evapotranspirácie zhruba od marca do septembra. Za posledných 40 rokov nevýrazné zmeny teploty vzduchu v kombinácii s malými zmenami tlaku vodnej pary sa premietli do výraznejšej zmeny sýtosťného doplnku.

Na obr. 3 sú porovnané priemerné mesačné úhrny zrážok a ich percentuálne rozdelenie v roku na území Slovenska za uvedené obdobia. Na obr. 4 sú analogickým spôsobom ako na obr. 3 porovnané priemerné mesačné odtoky a percentuálne rozdelenie odtoku z územia Slovenska.

Zmeny atmosférických zrážok v porovnávanom období môžeme rozdeliť na sezóny poklesu (mierny pokles v zimných mesiacoch január a február a výraznejší pokles v letných mesiacoch jún a júl) a na sezóny nárastu (mierny nárast v jarných mesiacoch marec až máj a výraznejší nárast v mesiaci september); ostatné jesenné mesiace sú prakticky bez zmeny. Celkove sa priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok v porovnávanom období nepatrne

znižil. Vo vybraných staniach zrážkomernej siete sa tieto úhrny pohybovali medzi 93 až 101 % úhrnov referenčného obdobia (tab. 1).

**T a b u ľ k a 1.** Porovnanie dlhodobých priemerných úhrnov zrážok za obdobia 1931–1980 a 1961–2000 vo vybraných zrážkomerných staniach.

**T a b l e 1.** Comparison of long-term mean precipitation total for the periods 1931–1980 and 1961–2000 in selected precipitation stations.

Stanica	Priemerný ročný úhrn zrážok [mm]		
	$Z_1$ $Z_2$		$Z_2/Z_1 \cdot 100$
	1931-1980	1961-2000	
Bratislava-letisko	605	579	96
Bratislava-Mudroňová	637	622	98
Radošovce	572	570	100
Turá Lúka	683	659	96
Mikulášov	600	589	98
Kuchyňa	698	652	93
Liptovský Mikuláš	700	650	93
Nitrianske Rudno	774	762	98
Zlaté Moravce	648	628	97
Lubietová	794	745	94
Dolné Plachtince	639	599	94
Betliar	720	708	98
Lehota nad Rimavicou	748	672	90
Tatranská Lomnica	829	779	94
Plaveč	681	683	100
Podspády	1136	1121	99
Červený Kláštor	759	761	100
Spišská Nová Ves	634	614	97
Štós	848	806	95
Somotor	568	556	98
Stropkov	675	656	97
Leles	586	585	100
Sobrance	655	664	101
Vyšné Čabiny	743	743	100

Iná situácia je v prípade odtoku z územia Slovenska. Tu pozorujeme celoročný pokles odtoku, väčší v zimnom polroku (november až apríl), menší je pokles v letnom polroku (máj až október). V rozdelení odtoku počas roka nie sú medzi obidvoma porovnávanými obdobiami výrazné rozdiely. Toto však platí, ako sme už povedali, v prípade celého územia Slovenska. V regionálnom pohľade sú zmeny odtoku odlišné. Vo všeobecnosti väčšie poklesy odtoku zaznamenávame v južných oblastiach Slovenska (povodie Žitavy, dolného Hrona a Ipľa, Rimavy a Bodvy), tab. 2.

V tab. 2 sa uvádzajú vodomerné stanice, ktoré vstupujú do algoritmov na výpočet odtoku z nášho územia, resp. sa využívajú pri určovaní disponibilných vodných zdrojov Slovenska. Porovnanie zmien odtoku dokumentujeme aj na dvoch grafoch z vybraných vodomerných staníc: Kysuca-Kysucké Nové Mesto (bez výraznejších zmien) a Ipel'-Holiša (s výrazným znížením odtoku v zimných a jarných mesiacoch).

T a b u ľ k a 2. Porovnanie dlhodobých priemerných prietokov za obdobia 1931–1980 a 1961–2000 vo vybraných vodomerných staniach.

T a b l e 2. Comparison of long-term mean monthly discharges for the periods 1931–1980 and 1961–2000 in selected stage-discharge gauging stations.

Stanica	Tok	$Q_a$ [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		k[%]
		1931–1980	1961–2000	
Bratislava	Dunaj	2044	2061	101
Spariská	Vydrica	0,161	0,133	83
Lopašov	Chvojnica	0,22	0,148	67
Š.Stráže	Myjava	2,75	2,71	99
V.Leváre	Rudava	1,63	1,694	104
Jakubov	Malina	0,836	0,828	99
Šaľa	Váh	153,4	141,02	92
N.Streda	Nitra	15,33	15,023	98
Vieska n.Žitavou	Žitava	2,057	1,601	78
Brehy	Hron	49,97	45,898	92
I.Sokolec	Ipel'	21,11	17,852	85
Lenartovce	Slaná	13,99	13,774	98
Vlkyňa	Rimava	7,55	6,621	88
Chmelnica	Poprad	16,02	14,765	92
Eubotín	Eubotínka	0,67	0,641	96
Lysá Poľana	Biela voda	3,06	3,049	100
Podspády	Javorinka	1,79	1,809	101
Č.Kláštór	Lipník	1,28	1,072	84
Ždaňa	Hornád	31,2	28,366	91
Nižný Medzev	Bodva	0,94	0,755	80
Streda n.Bodrogom	Bodrog	113,4	111,97	99
Horovce	Ondava	21,05	20,524	98
V.Kapušany	Latorica	33,68	35,577	106
Lekárovce	Uh	32,29	30,787	95
Michalovce	Laborec	17,75	15,699	88

#### 4. Vývoj hydrologickej bilancie na území Slovenska

Na základe meraných zrážok a odtoku sme pre porovnanie obdobia odhadli hydrologickú bilanciu územia (obr. 6) a základné bilančné komponenty pre jednotlivé povodia. Hodnoty základných komponentov hydrologickej bilancie spolu s plo-

chou povodí na území Slovenska uvádzame v tab. 3.

T a b u ľ k a 3. Základné zložky hydrologickej bilancie za obdobia 1931–1980 a 1961–2000 v 11 hlavných povodiach Slovenska.

T a b l e 3. Basic components of water balance in 11 main basins of Slovakia for the periods 1931–1980 and 1961–2000.

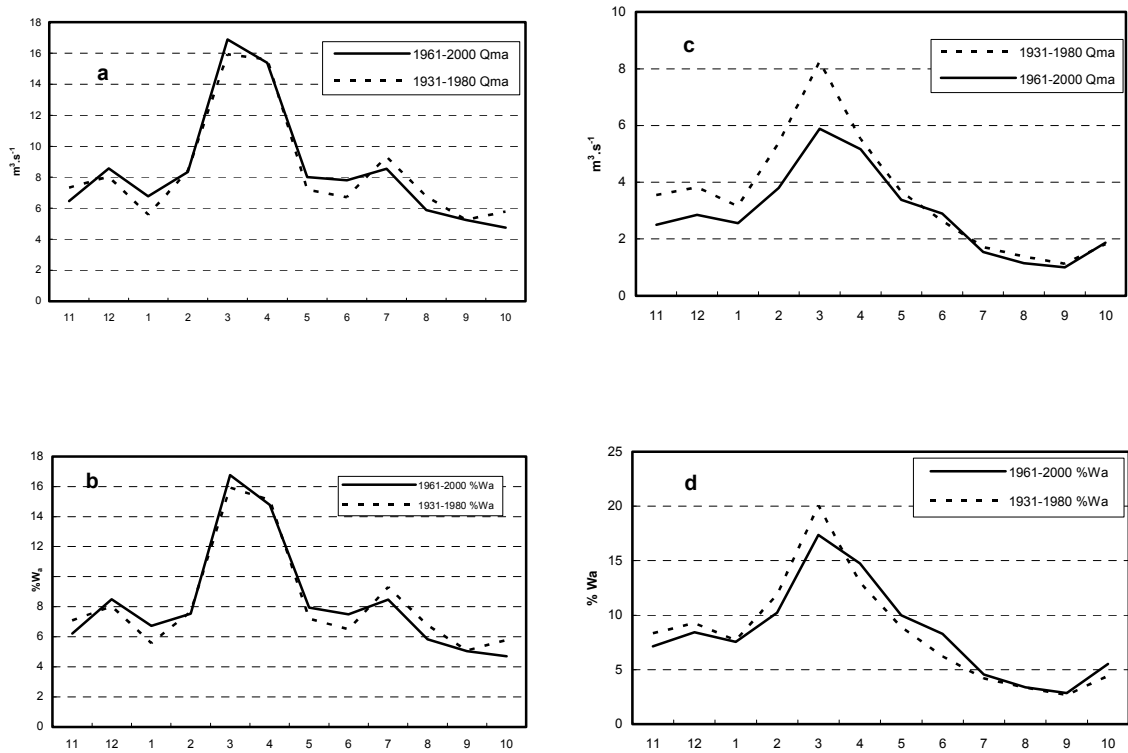
Povodie	1931–1980				1961–2000		
	P [km <sup>2</sup> ]	Z [mm]	O [mm]	Z-O [mm]	Z [mm]	O [mm]	Z-O [mm]
Morava	2282	640	120	520	614	101	513
Dunaj	1138	550	32	518	551	26	525
Váh	14268	830	345	485	822	307	515
Nitra	4501	680	162	518	680	159	521
Hron	5465	820	319	501	790	293	497
Ipel'	3649	680	157	523	636	135	501
Slaná	3217	740	213	527	713	200	513
Poprad	1950	845	461	384	868	430	438
Hornád	4414	715	229	486	701	203	498
Bodva	858	725	213	512	690	125	565
Bodrog	7272	707	238	469	718	223	495
Slovensko	49014	753	261	492	742	236	506

Pokúsme sa na základe porovnania hydrologickej bilancie referenčného obdobia a obdobia posledných 40 rokov minulého storočia povedať, či roky na konci minulého storočia znamenajú výraznú zmenu v hydrologickom režime Slovenska, či sa nám voda z krajiny „stráca“, resp. či možno vzniknutú situáciu na regionálnej úrovni ovplyvňovať.

Hydrologickú bilanciu definujeme ako vyhodnotenie prírastkov a úbytkov vody a zmeny jej akumulácie vo vodnom útvaru za zvolený časový interval. Pri výpočte odpočítavame objem všetkých odtokov vody z vodného útvaru od objemu všetkých prítokov a vyhodnocujeme zmeny akumulácie v ňom so zvoleným výpočtovým krokom (napr. deň, mesiac, rok) spravidla za dlhšie obdobie.

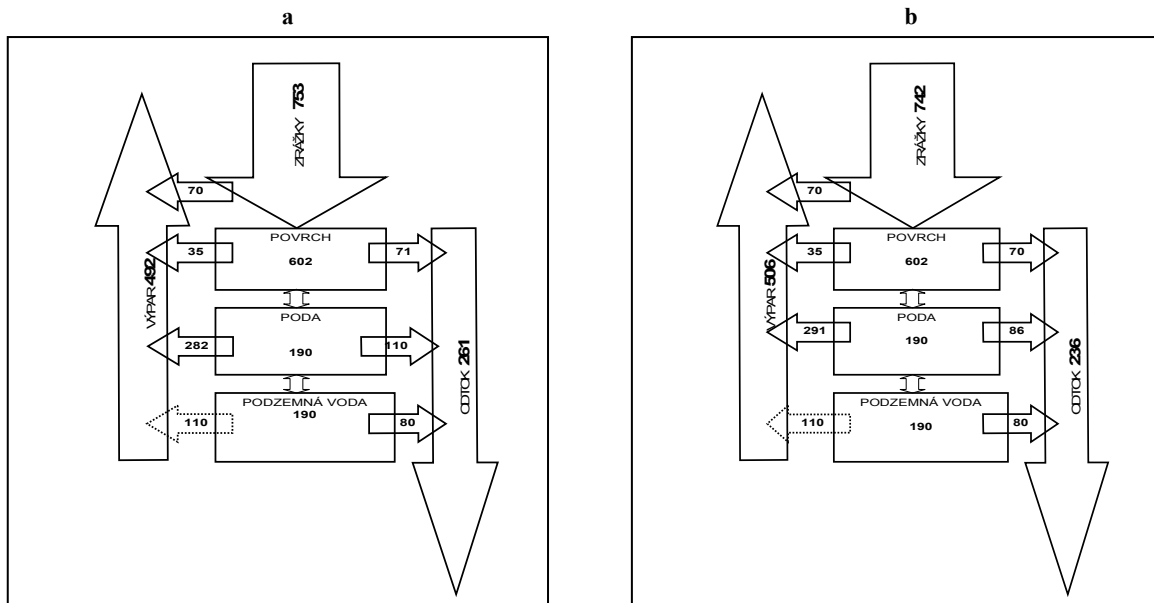
Jednoduchšie možno na hydrologickú bilanciu v rozvinutom a relatívne uzavretom povodí a v dlhšom časovom období niekoľkých rokov nazerať ako na rovnováhu medzi zrážkami na jednej strane a výparom a odtokom na strane druhej. Práve o tieto tri základné zložky je v hydrologickej a vodohospodárskej praxi najväčší záujem.

Pre Slovensko v rokoch 1961–2000 1,5% pokles zrážok spolu s 3% zvýšením výparu znamenajú v porovnaní s referenčným obdobím 10% pokles odtoku.



Obr. 5a) Priemerné mesačné prietoky na Kysuci v Kysuckom Novom Meste za obdobia 1931–1980 a 1961–2000; b) Percentuálne rozdelenie odtoku v roku na Kysuci v Kysuckom Novom Meste za obdobia 1931–1980 a 1961–2000; c) Priemerné mesačné prietoky na Ipli v Holiši za obdobia 1931–1980 a 1961–2000; d) Percentuálne rozdelenie odtoku v roku na Ipli v Holiši za obdobia 1931–1980 a 1961–2000.

Fig. 5a) Mean monthly discharges on the river Kysuca in Kysucké Nové Mesto for the periods 1931–1980 and 1961–2000; b) Percentual runoff distribution on the Kysuca River in Kysucké Nové Mesto for the periods 1931–1980 and 1961–2000; c) Mean monthly discharges on the Ipel River in Holisa for the periods 1931–1980 and 1961–2000; d) Percentual runoff distribution on the Ipel River in Holisa for the periods 1931–1980 and 1961–2000.



Obr. 6. Hydrologická bilancia Slovenska: a) za obdobia 1931–1980, b) za obdobia 1961–2000.

Fig. 6. Water balance of Slovakia: a) for the period 1931–1980, b) for the period 1961–2000.

Po vyčíslení jednotlivých komponentov hydrologickej bilancie uvedených v tab. 3 sme sa pokúsili odhadnúť, v ktorých častiach slovenského územia došlo k najväčším zmenám hydrologickej bilancie. Najvýraznejší pokles bol zaznamenaný v slovenských častiach povodí Dunaja, Ipl'a, Slanej a Bodvy. Toto zistenie korešponduje s výsledkami viacerých prác, napr. *Majerčáková a kol. (1996)*, *Szolgay a kol. (1997)*.

Z rozboru jednotlivých parametrov, podmieňujúcich hydrologickú bilanciu v rokoch regulárnych hydrologických meraní na Slovensku, z výpočtu a kvalifikovaného odhadu jednotlivých komponentov hydrologickej bilancie ako aj z porovnávania hydrologickej bilancie Slovenska za referenčné obdobie 1931–1980 a 1961–2000 možno vysloviť nasledujúce hodnotenia:

1. S nastupujúcimi zmenami klímy predpokladáme, že z hľadiska citlivosti a zraniteľnosti vodných zdrojov bude približne 30 % územia potenciálne veľmi zraniteľné (už spomenuté povodia Ipl'a, Slanej, Bodvy), 35 % územia bude potenciálne stredne zraniteľné a zvyšná časť územia bude potenciálne málo zraniteľná, prípadne inertná voči klimatickým zmenám.
2. Nárast teploty vzduchu a sýtostného doplnku pár spôsobili najmä zvýšenie výparu a zmenšenie odtoku.
3. Úhrny zrážok, ktoré poklesli vo vysoko zraniteľných povodiach (maximálny pokles do 6 %), hydrologickú bilanciu Slovenska výrazne neovplyvnili.
4. Odtoky poklesli najmä v oblastiach označených ako veľmi zraniteľné do 20 %. Výnimkou je povodie Bodvy, kde je odtok znížený až o 40 %. Predpokladáme však, že na takomto znížení odtoku sa zhruba polovicou podpísali odbery vody z povodia.
5. Za veľmi významné považujeme, že rozdelenie odtoku v roku sa zatiaľ v žiadnej oblasti signifikantne nezmenilo.
6. Potenciálny výpar nepatrne vzrástol na celom území Slovenska, tento nárast pozorujeme už aj v severných oblastiach Slovenska. Zatiaľ však nedochádza k „otváraniu nožníc“ medzi potenciálnym a bilančným výparom.
7. Zmeny hydrologického režimu odtoku v povrchových tokoch vo veľmi zraniteľných územiach sú (v porovnaní s referenčným obdobím) už dnes výrazné a pri ich pokračujúcom trende by ich význam mohol narastať.
8. Základnou príčinou zmien hydrologickej bilancie je teda najmä zvýšená teplota vzduchu, ovplyvňujúca výpar. Nevýrazné zmeny v zrážkových úhrnoch majú pre ďalšie komponenty hydrologickej bilancie zatiaľ len podružný význam.
9. K úbytku vody z povodí zatiaľ nedochádza. Zvýšená evapotranspirácia je „prednostne uspokojovaná“ najmä na úkor zníženia hypodermického odtoku.
10. Úbytok vody z povodí Slovenska by sa začal realizovať až vtedy, keby sa začali „otvárať nožnice“ medzi bilančným a potencionálnym výparom a keby sa hypodermický odtok blížil k nulovým hodnotám.
11. V porovnávanom období sa prítok do podzemných vôd a odtok z podzemných vôd oproti referenčnému obdobiu nezmenili.
12. Na regionálnej, resp. lokálnej úrovni možno (vhodnou melioráciou krajiny) zabezpečiť najmä retardáciu odtoku a teda lepšie uspokojovanie nárokov na evapotranspiráciu a dopĺňanie podzemných zdrojov. Na základe predošlého konštatovania možno povedať, že v porovnávanom období 1961–2000 naša krajina „hospodárila“ s vodou podobne kvalitne, ako počas referenčného obdobia.
13. Na regionálnej, resp. lokálnej úrovni možno ovplyvňovať tiež akumuláciu vody zadržiavaním vo vodných nádržiach, hlavne v čase jej epizodických prebytkov v krajine, a to predovšetkým na úkor epizodických zvýšených povrchových a podpovrchových odtokov. Akumulovanou vodou môžeme následne riešiť nedostatok vody v krajine počas období sucha.
14. Základnú príčinu, t.j. zvýšenú teplotu vzduchu, prípadne nižšie zrážkové úhrny nemožno ovplyvniť ani na lokálnej, ani na regionálnej úrovni.

#### LITERATÚRA

- DZUBÁK M., 1995: Hydrologické návrhové veličiny a ich stabilita. In: Práce a štúdie 50. Niektoré praktické otázky vybraných oblastí hydrológie. Zborník referátov, SHMÚ, Bratislava.
- FAŠKO P., LAPIN M., SEKÁČOVÁ Z., ŠŤASTNÝ P., 2003: Extraordinary Climatic Anomaly in 2003. Meteorol. Čas., roč. 6, č. 3, s. 3–7.
- KAŠPÁREK L., 2000: Vliv kolísání klimatu na postup výpočtu návrhových hydrologických dat. Hydrologické dny 2000, Zborník z konferencie, Plzeň.
- KOL., 1991: Možnosti vplyvu klimatických zmien na hydrologický režim. Zborník abstraktov z hydrologického seminára. SHMÚ, Bratislava.

- MAJERČÁKOVÁ O., MINÁRIK B., ŠEDÍK P., 1996: The possible runoff change during the year on the Slovak streams due to potential climate change. [Report for Country Study Program.] SHMÚ, Bratislava
- MAJERČÁKOVÁ O., FAŠKO P., ŠKODA P., ŠŤASTNÝ P., 2004: Porovnanie hydrologickej bilancie Slovenska za obdobia 1931–1980 a 1991–2001. *Vodohosp. Spravodaj.*, 47, č. 2-3, s. 12–15.
- PEKÁROVÁ P., 2000: Zákonitosti kolísania priemerných ročných prietokov. NKP 9/2000, MŽP SR, Bratislava.
- SZOLGAY J., HLAVČOVÁ K., PARAJKA J., ČUNDERLÍK J., 1997: Vplyv klimatickej zmeny na odtokový režim na Slovensku. *Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo SR. Publikácia Národného klimatického programu SR*, 6. SHMÚ, MŽP SR, Bratislava, s. 11–110.
- ŠIPIKALOVÁ H., ŠKODA P., MAJERČÁKOVÁ O., 2003: Nové hodnotenie hydrologických charakteristík. *Vodohosp. Spravodaj.*, 46, č. 4, s. 21–23.

Došlo 28. septembra 2004  
Referát prijatý 25. októbra 2004

#### THE DEVELOPMENT OF WATER BALANCE COMPONENTS FOR THE PERIODS 1931–1980 AND 1961–2000

Olga Majercakova, Peter Skoda, Pavel Stastny,  
Pavol Fasko

In the paper there the characteristics of runoff and precipitation are presented. These characteristics are evaluated for periods 1931–1980 and 1961–2000, and permit to compare two periods. The period 1931–1980 is

denominated as reference period. Also the proposal to use the new hydrological characteristics from the period 1961–2000 is presented.

The main components of hydrological balance are introduced in Tab. 3 and Figs. 6a), b).

On the base of individual parameters influencing the hydrological balance in presented years, it can be drawn the important conclusions as follows:

- From the point of view of sensitivity and vulnerability of water resources app. 30% of territory will be potentially very injured (south and low-land parts of Slovak territory), app. 35% of territory will be potentially middle injured and the rest of territory will be potentially low injured.
- The precipitation totals, which have been decreased maximum about 6%, did not affect the hydrological balance significantly.
- Runoffs have decreased to 20% in regions denominated as high sensitive and vulnerable.
- Runoff distribution within the year was not significantly changed in any region.
- The main reason of hydrological balance changes is especially the higher air temperature, which influenced the evapotranspiration. This main reason cannot be influenced either on local or on regional level.
- Up till now does not coming to water resources decrease. It could be realised in the event that “scissors” between balanced and potential evapotranspiration would be opened.