HODNOTENIE PROGNÓZOVANEJ AKTUÁLNEJ A POTENCIÁLNEJ EVAPOTRANSPIRÁCIE S OHĽADOM NA OČAKÁVANÚ KLIMATICKÚ ZMENU

Katarína Stehlová

Dôsledok nepriaznivého vplyvu očakávanej klimatickej zmeny na rôzne oblasti spoločensko-ekonomického života na našej planéte je reálnou hrozbou blízkeho i budúceho obdobia. Informácie o priestorovom a časovom rozložení zložiek rovnice vodnej bilancie majú veľký význam pri riešení celého radu teoretických i praktických otázok v mnohých odvetviach spoločenského života a pri tvorbe a ochrane životného a prírodného prostedia. Jedným z dôležitých prvkom, ktorý bude výrazne ovplyvňovaný prognózovaným nárastom teplôt a úbytkom zrážok, je evapotranspirácia. V práci bol riešený účinok očakávaných klimatických zmien na zmenu množstva aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie na nížinnom území. Záujmová lokalita je situovaná na Žitnom ostrove, konkrétne v katastri obce Bodíky. Prevažujúcim ekosystémom na danej lokalite je topoľový porast. Keďže nie sú k dispozícii priame dlhodobé merania evapotranspirácie na záujmovom území, tento člen hydrologickej bilancie bol vypočítaný použitím modelu GLOBAL. Výpočet prebiehal v dennom kroku pre 30-ročné referenčné obdobie (1955-84) a pre časové horizonty 2010, 2030 a 2075. Do výpočtu boli použité viaceré rady vstupných údajov, z ktorých klimatické prvky (teplota vzduchu, zrážky, slnečný svit, rýchlosť vetra a tlak vodných pár) boli upravené podľa scenárov klimaticej zmeny z výstupov modelov všeobecnej cirkulácie CCCM2000 (Kanadské stredisko pre klimatické modelovanie a analýzu vo Victorii, Britská Kolumbia, Kanada) a GISS98 (Goddardov ústav pre vesmírne štúdie pri NASA v USA).

Kľúčové slová: evapotranspirácia, GLOBAL, klimatické zmeny

Assessment of the actual and potential evapotranspiration estimates with regard to prognosis of the climate change. *The result of negative climate change impact on various areas of socio-economical live all over the world is a real threat in the present day and the future. The information about spatial and temporal distribution of the water balance members has a great significance for solution of theoretical and practical questions in many social fields and for creation and protection of natural environment. The evapotranspiration as one of the important components of the water balance is excessively influenced by prognosticated temperature increase and precipitation decrease. In this work was evaluated the modelled climate change impact on estimates of the daily actual and potential evapotranspiration totals at a lowland location. The locality of interest is lying at southwest of Slovakia on Rye island (Zitny ostrov), in the area of Bodiky. The poplar constitutes the main vegetation of this locality. The continuous long-time data sets of the evapotranspiration measurements are lacking. Therefore was this water balance member calculated by mathematical model GLOBAL. Calculation was realised with daily time step for 30-years period (reference period is 1955 to 1984) and for time horizons 2010, 2030 and 2075. There were used several input data sets there, of which the climate parameters (air temperature, precipitation totals, sunshine duration, wind velocity and water vapour) were adjusted by climate change scenarios CCCM2000 (Canadian Centre for climate modelling and analysis, Victoria, British Columbia, Canada) and GISS98 (Goddard institute for space studies, New York, USA).*

Key words: evapotranspiration, GLOBAL, climate change

ÚVOD

Informácie o priestorovom a časovom rozložení zložiek rovnice vodnej bilancie majú veľký význam pri riešení celého radu teoretických i praktických otázok v mnohých odvetviach spoločenského života a pri tvorbe a ochrane životného a prírodného prostedia. Pojmom bilancia vody sa označuje algebraický súčet prítokov a odtokv vody v definovanom priestore za zvolený časový interval. Vodný (hydrologický) cyklus sa začína zrážkami alebo závlahou, ktoré dopadajú na povrch Zeme. V závislosti na vlastnostiach mikroreliéfu, na sklone povrchu a na vlastnostiach porastu časť dopadajúcej vody odtečie, časť vsiakne do pôdy a časť sa vyparí. Vyparovanie je jednou z najdôležitejších zložiek bilancie vody nielen preto, že patrí k najväčším členom rovnice bilancie vody, ale predovšetkým preto, lebo je súčasťou procesu produkcie biomasy. Napriek veľkému významu procesu vyparovania z pôdy pokrytej porastom naše poznatky o tomto porcese sú neuspokojivé. Je obtiažne získať informácie o

evapotranspirácii a jej štruktúre z oblastí s rozdielnymi vlastnosťami vyparujúcich povrchov. Jedným z dôležitých faktorov ovplyvňujúcich proces evapotranspirácie sú klimatické podmienky. S očakávanými klimatickými zmenami sa teda budú meniť aj trendy evapotranspirácie a časové chody ostatných prvkov vodnej bilancie. Touto problematikou sa zaoberá celý rad štúdií. Významnou literatúrou v tejto oblasti je Národný klimatický program. Hodnotením členov hydrologickej bilancie sa venovali napr. autori Tomlain (1997), Petrovič (2000), Takáč (2001) a i.

Mnohí riešitelia zaoberajúci sa problematikou klimatických zmien využívajú údaje najmä z modelov všeobecnej cirkulácie (GCMs) CCCM (Kanadské stredisko pre klimatické modelovanie a analýzu vo Victorii, Britská Kolumbia, Kanada) a GISS (z Goddardovho ústavu pre vesmírne štúdie pri NASA v USA). Podrobnejší popis spomínaných modelov a ich výstupov je uvedený v prácach Lapin et al. (2000, 2001, 2002 a 2003).

Predkladaný článok nadväzuje na štúdiu Stehová (2004), kde boli hodnotené vybrané prvky vodnej bilancie v časovom horizonte 2010, 2030 a 2075 na lokalite Bodíky. Cieľom tejto práce bol výpočet prognózovanej aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie pre vybranú lokalitu pomocou modelu GLOBAL pre časový horizont 2010, 2030 a 2075 a následne porovnanie získaných časových priebehov týchto členov s referenčným obdobím 1955-84. Klimatická zmena bola riešená pomocou zmeny meteorologických charakteristík upravených klimatickými scenármi CCCM2000 a GISS98 (Lapin, 2001).

Model GLOBAL

Na výpočet evapotranspirácie bol použitý model GLOBAL (Majerčák, Novák 1994), ktorý simuluje vertikálny tok vody v pôdnom profile s osobitným zreteľom na koreňovú zónu. Základom modelu je jednorozmerný tvar Richardsovej nelineárnej parciálnej diferenciálnej rovnice pre transport vody v pórovitom prostredí.

$$\frac{\partial h_w}{\partial t} = \frac{1}{c(h_w)} \frac{\partial}{\partial z}\left[k(h_w)\left(\frac{\partial h_w}{\partial z} + 1 \right)\right] - \frac{S(z,t)}{c(h_w)} \qquad (1)$$

kde h_w je vlhkostný potenciál pôdy, z je vertikálna súradnica, $k(h_w)$ - nenasýtená hydraulická vodivosť pôdy, $S(z,t)$ - intenzita odberu vody koreňmi rastlín z jednotkového objemu pôdy za jednotku času $(m^3/m^3).d^{-1}$, $c(h_w) = \partial\theta/\partial h_w$ a θ- objemová vlhkosť pôdy (m^3/m^3).

Intercepcia sa v modeli počíta zjednodušenou verziou metódy publikovanej Benetinom a kol. (1985), ktorá využíva aproximáciu podľa Ruttera et al. (1975). Intenzita odberu vody koreňmi závisí od ontogenézy modelovaného porastu. Je funkciou času a hĺbky odberu pôdnej vody koreňmi pod povrchom terénu. Princíp použitej metódy výpočtu intenzity odberu vody koreňmi bol publikovaný Feddesom et al. (1978). Metóda na základe ktorej pracuje model GLOBAL bola publikovaná Novákom (1987). Na výpočet evapotranspirácie bola použitá metóda navrhnutá Novákom (1989). Metóda je založená na princípoch publikovaných Penmanom (1948). a je modifikovaná tak, aby umožňovala výpočet evapotranspirácie z ľubovolného vyparujúceho povrchu.
Výpočet prebieha v nasledujúcom slede:

1. oblasť je rozdelená do sekcií podľa vyparujúceho povrchu,
2. pre každý povrch je vypočítaná radiácia,
3. odhadne sa evapotranspirácia pre každý typ vyparujúceho povrchu,
4. celková evaportanspirácia oblasti sa odhadne sumarizáciou evapotranspirácie všetkých vyparujúcich povrchov.

Vyparujúci povrch je charakterizovaný albedom (α), koeficientom drsnosti (z_o), nulovou honotou úrovne porastu (d) a indexom listovej pokryvnosti (LAI).
Potenciálna evapotranspirácia je vypočítaná generalizovanou Penmanovou metódou:

$$E_0 = \frac{\varphi.(R-G) + \rho_a.c_p.(1/r_a).d'}{c_p + L.\varphi} \quad (2)$$

kde

E_0 – intenzita potenciálnej evapotranspirácie za 24 hodín [W.m^{-2}],
R – priemerná denné intenzita radiačnej bilancie [W.m^{-2}],
G – tok tepla do pôdy [W.m^{-2}], pri výpočte denných úhrnov výparu G=0
L – skupenské teplo vyparovania (L=2,46.10^6 J.kg^{-1} pri teplote T = 20°C),
d´ –sýtostný doplnok,
φ – celkový potenciál vody v pôdnom prostredí [J.kg^{-1}],
ρ_a – hustota vzduchu, je funkciou teploty vzduchu [kg.m^{-3}],
c_p – špecifická teplotná kapacita vzduchu pri konštantnom tlaku [kg.kg^{-1}],
r_a – aerodynamický odpor pre prúdenie vodnej pary z povrchu listu do atmosféry [s.m^{-1}],
$1/r_a$ – koeficient turbulentnej difúzie [m.s^{-1}].

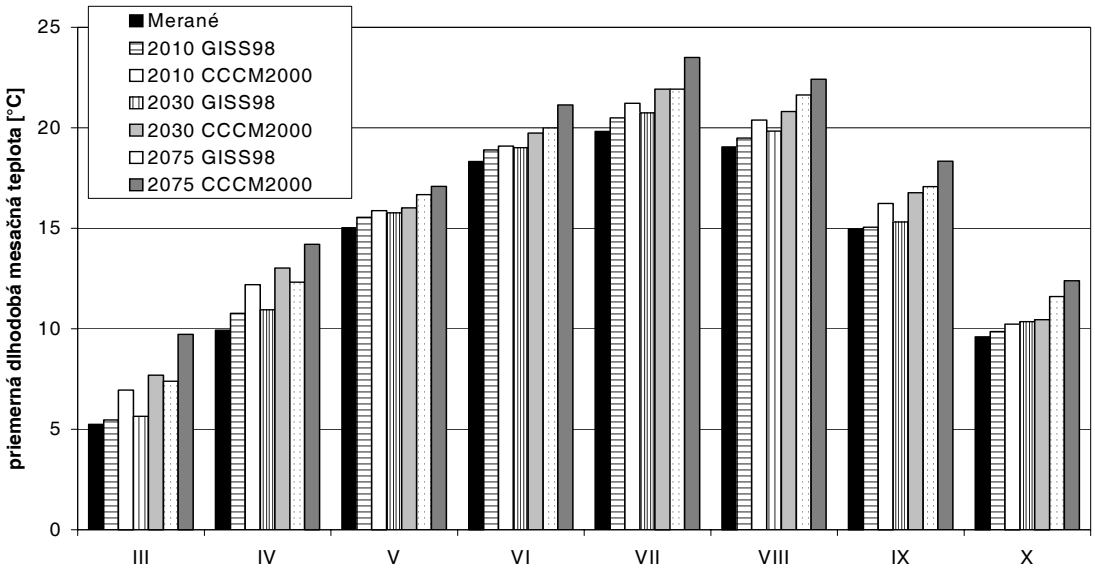
METODICKÝ POSTUP

Na štúdiu bola vybraná záujmová lokalita Bodíky, ktorá leží na Žitom ostrove., v°inundačnej oblasti Dunaja. Daná lokalita bola vybratá z toho dôvodu, že boli na nej organizované merania počiatočných a okrajových podmienok potrebných ako vstupy do modelovania pre výpočet členov hydrologickej bilancie zóny aerácie pôdy. V uvedenej oblasti sa nachádza prevažne topoľový porast (Novák et al., 1998). Pôda je hlinitá až hlinitopiesočnatá a v hĺbke 120 cm prechádza do pieskov, ktoré na úrovni asi 150 cm pod povrchom terénu vystrieda štrkovité podložie. Hydrofyzikálne charakteristiky pre uvedenú lokalitu boli zistené na vzorkách o objeme 100 cm^3, odobratých priamo na mieste monitorovania. Pre uvedenú lokalitu boli zovšeobecnené v monografii (Šútor, Štekauerová, 2000). Monitoring vlhkosti pôdy bol vykonávaný neutrónovou sondou, v intervaloch po 10 cm od povrchu pôdy až po hladinu podzemnej vody, počas roku 1999 (Štekauerová, Nagy, 2001). V ďalšej literatúre (Štekauerová a kol., 2001) boli kvantifikované zložky vodnej bilancie v zóne aerácie tejto záujmovej oblasti pomocou modelu GLOBAL.

Po predchádzajúcej analýze vstupných údajov (Stehlová, Mikulec, 2003, 2004), boli do modelovania použité vstupné dáta vo variante, ktorý dával najreprezentatívnejšiu informáciu o vlhkosti po hĺbke pôdneho profilu vzhľadom na uskutočnený monitoring, kde bol uvažovaný homogénny profil a dolnú okrajovú podmienku tvoril vlhkostný potenciál v hĺbke 150 cm pod povrchom terénu. Počiatočnou podmienkou do matematického modelovania bol počiatočný priebeh vlhkosti po hĺbke pôdneho profilu. Hornú okrajovú podmienku tvorili klimatické a fenologické charakteristiky.

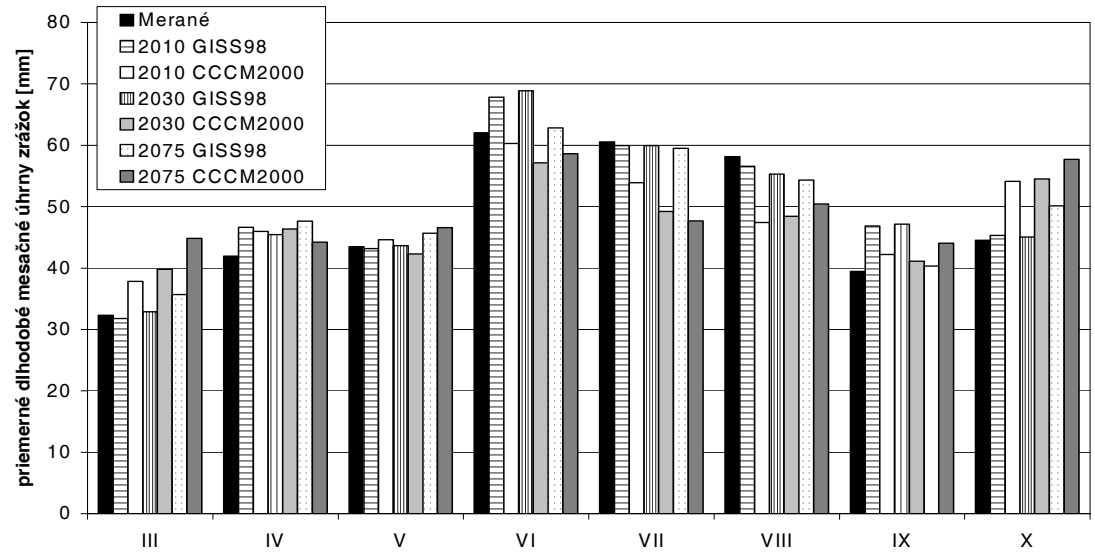
Na úpravu klimatických charakteristík boli použité scenáre klimatickej zmeny pre Slovensko vypracované na základe výstupov prepojených modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM2000 a GISS98 (Lapin a kol., 2001). Ide o scenáre zmien mesačných priemerov teploty vzduchu [°C], scenáre (kvocienty) zmien mesačných úhrnov zrážok, scenáre (kvocienty) zmien mesačných súm globálneho žiarenia, scenáre (kvocienty) zmien mesačných priemerov mernej vlhkosti vzduchu (možné použiť aj pre tlak vodnej pary) a scenáre (kvocienty) zmien mesačných priemerov rýchlosti vetra. Pretože referenčným obdobím boli zvolené roky 1955 až 1984 vyššie uvedené scenáre klimatických zmien, boli upravené pomocou korekčných odchýlok a kvocientov (vypracovaných prof. Lapinom z FMFI UK, Bratislava).

Novo vytvorené scenáre klimatických zmien v horizonte 2010, 2030 a 2075 pre referenčné obdobie 1955-84 boli použité na vytvorenie časových radov denných hodnôt vybraných meteorologických charakteristík, ktoré slúžili ako jeden zo vstupov na výpočet členov hydrologickej bilancie v časovom horizonte 2010, 2030 a 2075 pomocou simulácie v modely GLOBAL. Ukážky rozdielov dlhodobých priemerov alebo úhrnov 30-ročných radov jednotlivých meteorologických charakteristík za mesiace vegetačného obdobia sú uvedené na Obr. 1 až 5.



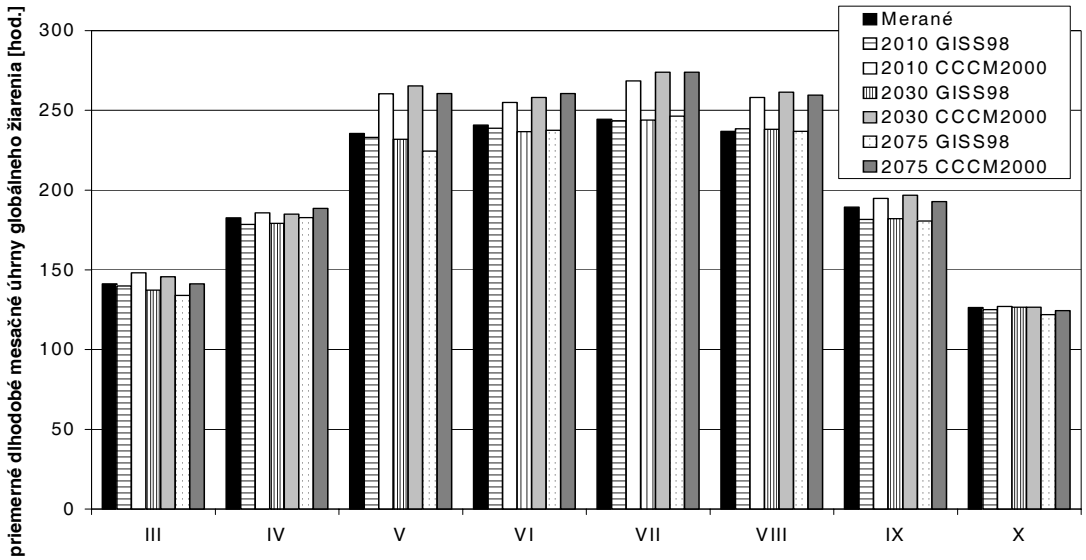
Obr. 1 Porovnanie priemerov teploty vzduchu v mesiacoch vegetačného obdobia (marec až október) zo stanice Gabčíkovo v období 1955-84 a upravených hodnôt podľa scenárov GISS98 a CCCM2000 v období 1996-2025, 2016-2045 a 2061-90

Fig. 1 Comparison of average air temperature in months of vegetation period (March to October) for gauge station Gabcikovo in period 1955-84 and adjusted values by scenarios GISS98 and CCCM2000 in 30-years horizons 2010, 2030 and 2075



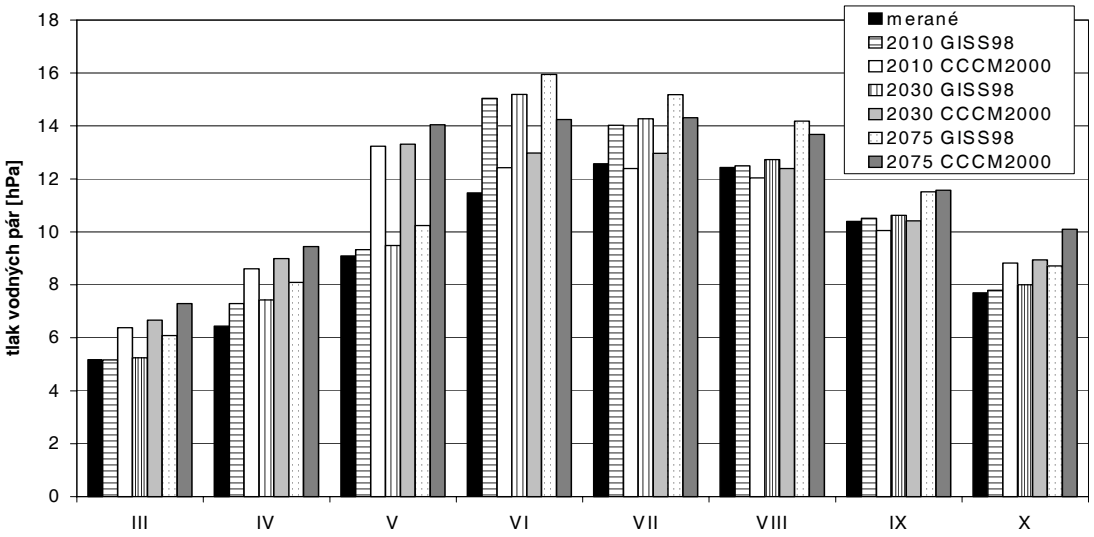
Obr. 2 Porovnanie mesačných zrážkových úhrnov v mesiacoch vegetačného obdobia (marec až október) zo stanice Gabčíkovo v období 1955-84 a upravených hodnôt podľa scenárov GISS98 a CCCM2000 v období 1996-2025, 2016-2045 a 2061-2090

Fig. 2 Comparison of average precipitation totals in months of vegetation period (March to October) for gauge station Gabcikovo in period 1955-84 and adjusted values by scenarios GISS98 and CCCM2000 in 30-years horizons 2010, 2030 and 2075



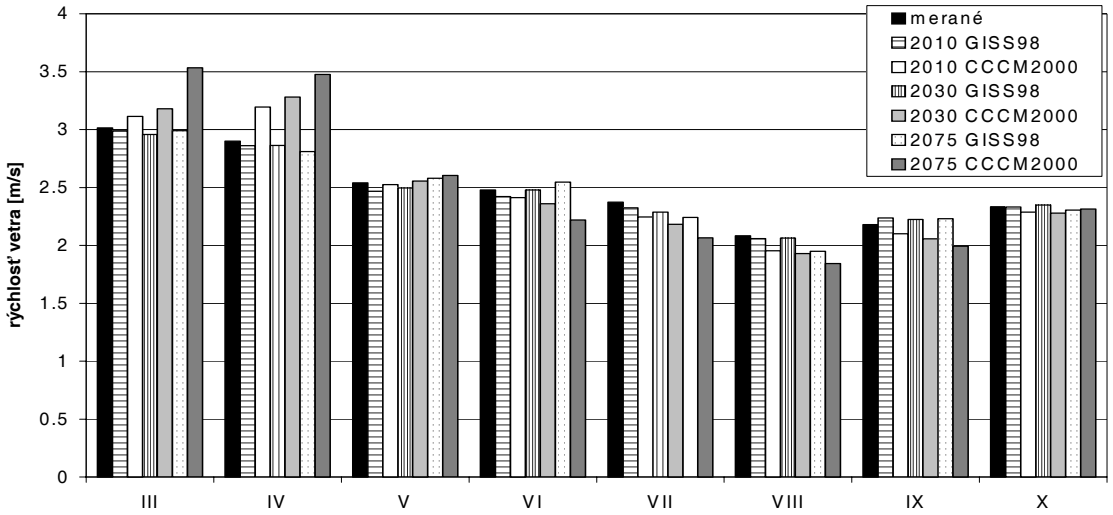
Obr. 3 Porovnanie globálneho žiarenia v mesiacoch vegetačného obdobia (marec až október) zo stanice Gabčíkovo v období 1955-84 a upravených hodnôt podľa scenárov GISS98 a CCCM2000 v období 1996-2025, 2016-2045 a 2061-2090

Fig. 3 Comparison of sunshine duration in months of vegetation period (March to October) for gauge station Gabcikovo in period 1955-84 and adjusted values by scenarios GISS98 and CCCM2000 in 30-years horizons 2010, 2030 and 2075



Obr. 4 Porovnanie tlaku vodných pár v mesiacoch vegetačného obdobia (marec až október) zo stanice Gabčíkovo v období 1955-84 a upravených hodnôt podľa scenárov GISS98 a CCCM2000 v období 1996-2025, 2016-2045 a 2061-2090

Fig. 4 Comparison of water vapour in months of vegetation period (March to October) for gauge station Gabcikovo in period 1955-84 and adjusted values by scenarios GISS98 and CCCM2000 in 30-years horizons 2010, 2030 and 2075



Obr. 5 Porovnanie priemernej rýchlosti vetra v mesiacoch vegetačného obdobia (marec až október) zo stanice Gabčíkovo v období 1955-84 a upravených hodnôt podľa scenárov GISS98 a CCCM2000 v období 1996-2025, 2016-2045 a 2061-2090

Fig. 5 Comparison of wind velocity in months of vegetation period (March to October) for gauge station Gabcikovo in period 1955-84 and adjusted values by scenarios GISS98 and CCCM2000 in 30-years horizons 2010, 2030 and 2075

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Potenciálna a aktuálna evapotranspirácia bola vypočítaná pre časový horizont 2010, 2030 a 2075 a pre referenčné obdobie 1955-84.

Výsledky sú spracované v grafickej a tabelárnej forme. Nakoľko neboli k dispozícii celoročné denné hodnoty niektorých zo vstupných charakteristík do modelu GLOBAL, vyhodnotené sú len mesiace vegetačného obdobia (apríl až október) a vegetačné obdobie (VO) ako celok.

V tabuľkách 1 a 2 sú uvedené vypočítané mesačné úhrny evapotranspirácie a tiež úhrn za celé vegetačné obdobie (IV-X). V poslednom stĺpci je uvedený percentuálny nárast alebo pokles oproti hodnote z referenčného obdobia 1955-84.

Na Obr. 6 je zobrazený prognózovaný časový chod aktuálnej evapotranspirácie pre časový horizont 2010, 2030 a 2075 (čo vlastne reprezentuje tridsaťročný rad mesačných hodnôt za obdobie 1996 až 2025, 2016-2045 a 2061-2090), vyhodnotený pre mesiace vegetačného obdobia (IV-X). Ako je možné vidieť z obrázku 6, časový chod danej veličiny vypočítanej s použitím vstupných radov upravených meteorologických charakteristík podľa scenárov CCCM2000 a GISS98 v modely GLOBAL dobre vystihuje časový priebeh vypočítaný s použitím meteorologických charakteristík referenčného obdobia 1955-84.

Úhrn aktuálnej evapotranspirácia za vegetačné obdobie podľa CCCM2000 predpokladá v horizonte 2010 úbytok o 0,39 % oproti Eta referenčného obdobia (Tab. 1). Nárast hodnôt je prognózovaný v časovom horizonte 2075, a to o 1,52 %. Hodnoty úhrnov Eta vypočítaných pomocou vstupných upravených meteorologických charakteristík podľa scenárov GISS98 predpokladajú nárast vo všetkých troch horizontoch. Najväčší rozdiel, 2,69 %, je v horizonte 2075.

Tab. 1 Priemerné mesačné úhrny aktuálnej evapotranspirácie a úhrny za vegetačné obdobie (IV-X) vypočítané pre referenčné obdobie 1955-84 a časový horizont 2010, 2030 a 2075 (scenáre CCCM2000 a GISS98) v lokalite Bodíky

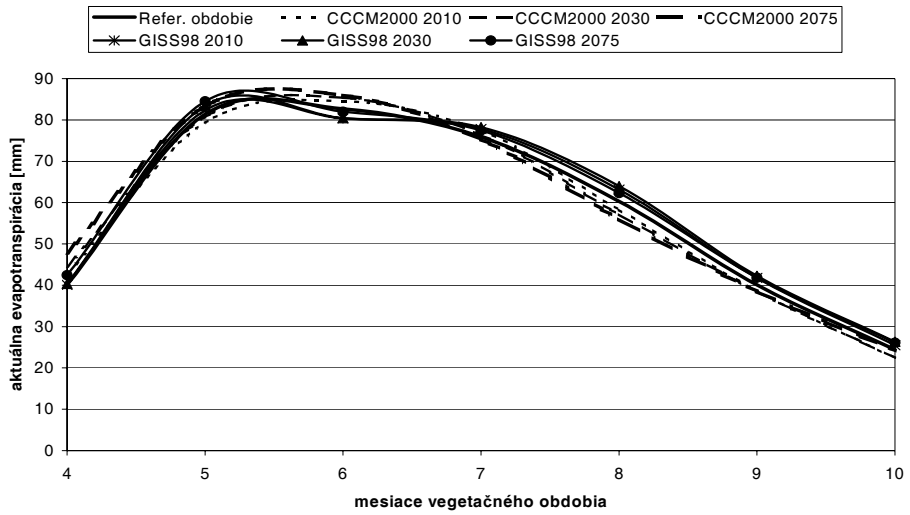
Tab. 1 Average monthly totals of actual evapotranspiration a total for vegetation period (IV-X) calculated for reference period 1955-84 and time horizons 2010, 2030 and 2075 (scenario CCCM2000 and GISS98) at locality Bodíky

Mesiac	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**VO**	
Aktuálna evapotranspirácia ETa [mm]								[mm]	[%]
Refer.obdobie (1955-84)	40.19	81.37	82.69	75.88	60.28	40.11	24.43	404.96	**100.00**
CCCM2000 2010	42.79	79.34	84.50	77.40	58.26	38.64	22.45	403.38	**99.61**
CCCM2000 2030	44.50	80.72	85.36	76.28	57.16	38.49	22.45	404.95	**100.00**
CCCM2000 2075	47.82	83.32	85.99	75.31	56.00	38.51	24.16	411.12	**101.52**
GISS98 2010	40.10	82.35	80.38	77.79	63.16	41.76	25.49	411.03	**101.50**
GISS98 2030	40.33	83.45	80.46	78.26	64.00	42.29	26.35	415.14	**102.51**
GISS98 2075	42.45	84.53	81.99	77.49	62.29	41.84	26.12	416.71	**102.90**

Tab. 2 Priemerné mesačné úhrny potenciálnej evapotranspirácie a úhrny za vegetačné obdobie (IV-X) vypočítané pre referenčné obdobie 1955-84 a časový horizont 2010, 2030 a 2075 (scenáre CCCM2000 a GISS98) v lokalite Bodíky

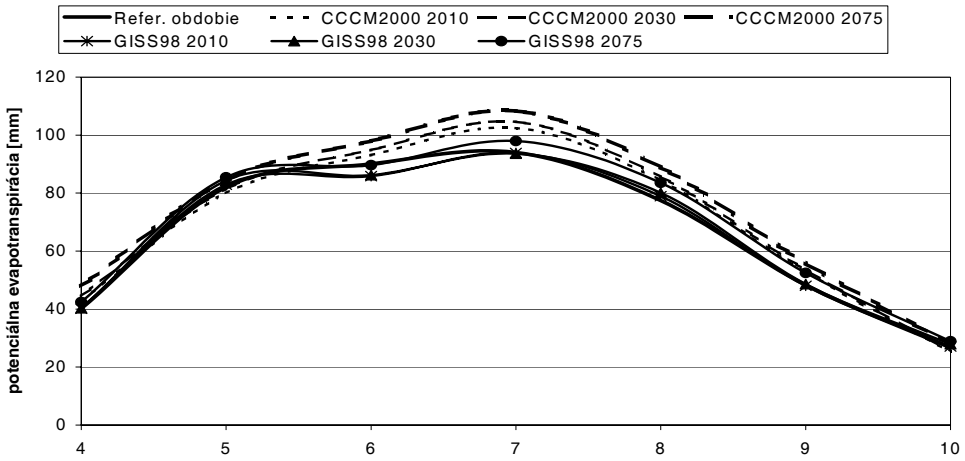
Tab. 2 Average monthly totals of potential evapotranspiration a total for vegetation period (IV-X) calculated for reference period 1955-84 and time horizons 2010, 2030 and 2075 (scenario CCCM2000 and GISS98) at locality Bodíky

Mesiac	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**VO**	
Potenciálna evapotranspirácia ETo [mm]								[mm]	[%]
Refer.obdobie (1955-84)	40.19	82.06	90.08	94.00	77.48	48.33	26.67	458.80	**100.00**
CCCM2000 2010	42.80	80.05	93.10	102.42	84.36	52.74	25.23	480.70	**104.77**
CCCM2000 2030	44.52	81.46	94.89	104.62	85.61	53.60	25.46	490.17	**106.84**
CCCM2000 2075	47.87	84.57	97.99	108.38	88.93	55.77	27.87	511.36	**111.46**
GISS98 2010	40.10	82.94	85.87	93.87	78.97	48.07	27.11	456.93	**99.59**
GISS98 2030	40.33	84.34	86.22	93.61	80.14	48.60	27.91	461.15	**100.51**
GISS98 2075	42.45	85.45	89.65	97.96	83.54	52.46	28.96	480.48	**104.72**



Obr. 6 Časový priebeh aktuálnej evapotranspirácie vo vegetačnom období v porovnaní s referenčným obdobím

Fig. 6 Time progress of actual evapotranspiration in vegetation period in comparison with reference period



Obr. 7 Časový priebeh potenciálnej evapotranspirácie vo vegetačnom období v porovnaní s referenčným obdobím

Fig. 7 Time progress of potential evapotranspiration in vegetation period in comparison with reference period

Obr. 7 zobrazuje časový chod predpokladanej potenciálnej evapotranspirácie Et_0 na lokalite Bodíky. Rozdiely hodnôt analyzovanej charakteristiky získanej použitím vstupných meteorologických charakteristík upravených scenármi GISS a CCCM a výpočítanej v modeli GLOBAL sú v porovnaní s hodnotami Et_0 RO rozdielne, najmä v strede vegetačného obdobia (VI-VIII). Hodnoty Et_0 CCCM2000 sú vyššie v porovnaní s Et_0 RO a Et_0 GISS98. Najväčší nárast je predpokladaný pri prognózovanom časovom priebehu Et_0 CCCM2000 v horizonte 2075 a to v mesiaci júl približne o 15 mm oproti Et_0 RO.

Predpokladaný úhrn potenciálnej evapotranspirácie za VO narastie v časovom horizonte 2075 o 11,46% podľa CCCM2000 a o 4,72 % podľa GISS98 (Tab. 2). V horizonte 2010 je prognózovaný úbytok úhrnu Et_0 podľa GISS o 0,41 % v porovnaní s Et_0 RO.

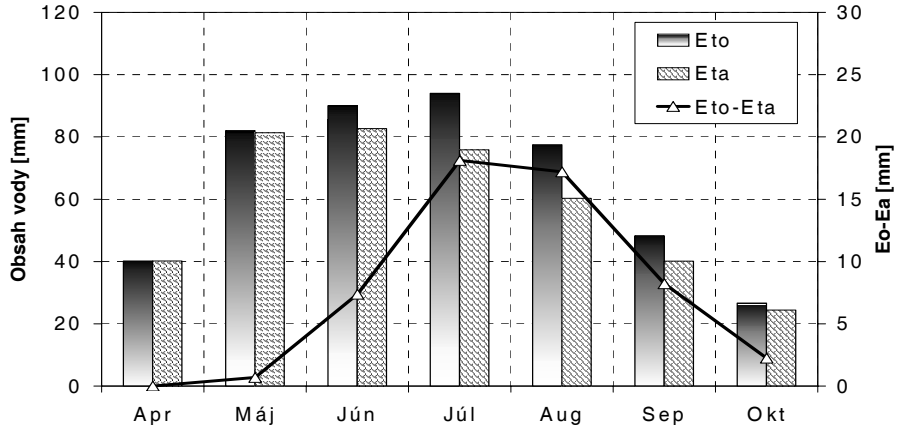
Rozdiel a pomer medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou je vypočítaný v Tab.3. Porovnanie časových chodou týchto prvkov je na Obr. 8 až 14.

Porovanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie v jednotlivých časových horizontoch a pre referenčné obdobie 1955-84 je uvedené v tabuľke 3 a v grafickej forme (obr. 8 až 14). Najväčšie rozdiely medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou sú v letných mesiacoch a to hlavne v júli a auguste. Et_0 prevyšuje Eta z dôvodu vysokých teplôt a nedostatočného množstva zrážkových úhrnov v tomto období. Rozdiel Et_0-Eta, vypočítaný z modelových výstupov s použitím scenárov CCCM2000 predpokladá vyššie hodnoty v porovnaní s referenčným obdobím. V horizonte 2010 je to asi 26 mm (obr. 9), v horizonte 2030 je to okolo 28 mm (obr. 10) a v horizonte 2075 ide o hodnotu približne 33 mm (obr. 11). Rozdiel Et_0-Eta, vypočítaný z modelových výstupov s použitím scenárov GISS98 predpokladá nižšiu hodnotu oproti hodnotám vypočítaných pre referenčne obdobie. V horizonte 2010 a 2030 je maximálna hodnota približne 16 mm (obr. 12 a 13) a 21 mm v horizonte 2075 (obr. 14). Na začiatku a na konci vegetačného obdobia sa hodnohy Eto a Eta vyrovnávajú.

Tab. 3 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie

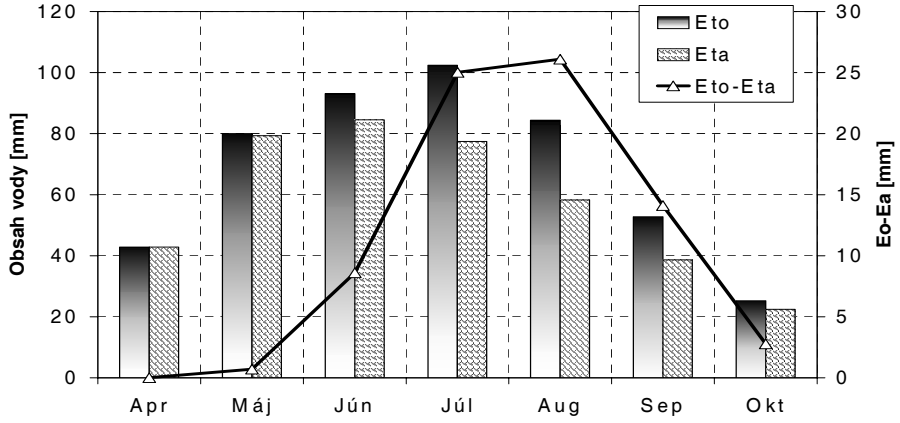
Tab. 3 Comparison of potential and actual evapotranspiration

Referenčné obdobie 1955-84							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	40.19	82.06	90.08	94.00	77.48	48.33	26.67
Eta [mm]	40.19	81.37	82.69	75.88	60.28	40.11	24.43
Eto-Eta [mm]	0.00	0.69	7.38	18.12	17.20	8.22	2.24
Eto/Eta	1.00	1.01	1.09	1.24	1.29	1.20	1.09
CCCM2000 2010							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	42.80	80.05	93.10	102.42	84.36	52.74	25.23
Eta [mm]	42.79	79.34	84.50	77.40	58.26	38.64	22.45
Eto-Eta [mm]	0.01	0.71	8.60	25.02	26.10	14.11	2.78
Eto/Eta	1.00	1.01	1.10	1.32	1.45	1.37	1.12
CCCM2000 2030							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	44.52	81.46	94.89	104.62	85.61	53.60	25.46
Eta [mm]	44.50	80.72	85.36	76.28	57.16	38.49	22.45
Eto-Eta [mm]	0.02	0.75	9.54	28.34	28.45	15.11	3.01
Eto/Eta	1.00	1.01	1.11	1.37	1.50	1.39	1.13
CCCM2000 2075							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	47.87	84.57	97.99	108.38	88.93	55.77	27.87
Eta [mm]	47.82	83.32	85.99	75.31	56.00	38.51	24.16
Eto-Eta [mm]	0.05	1.24	12.00	33.07	32.93	17.25	3.71
Eto/Eta	1.00	1.01	1.14	1.44	1.59	1.45	1.15
GISS98 2010							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	40.10	82.94	85.87	93.87	78.97	48.07	27.11
Eta [mm]	40.10	82.35	80.38	77.79	63.16	41.76	25.49
Eto-Eta [mm]	0.00	0.59	5.49	16.08	15.81	6.31	1.62
Eto/Eta	1.00	1.01	1.07	1.21	1.25	1.15	1.06
GISS98 2030							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	40.33	84.34	86.22	93.61	80.14	48.60	27.91
Eta [mm]	40.33	83.45	80.46	78.26	64.00	42.29	26.35
Eto-Eta [mm]	0.00	0.89	5.76	15.34	16.14	6.31	1.56
Eto/Eta	1.00	1.01	1.07	1.20	1.25	1.15	1.06
GISS98 2075							
	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október
Eto [mm]	42.45	85.45	89.65	97.96	83.54	52.46	28.96
Eta [mm]	42.45	84.53	81.99	77.49	62.29	41.84	26.12
Eto-Eta [mm]	0.01	0.92	7.65	20.47	21.26	10.62	2.85
Eto/Eta	1.00	1.01	1.09	1.26	1.34	1.25	1.11



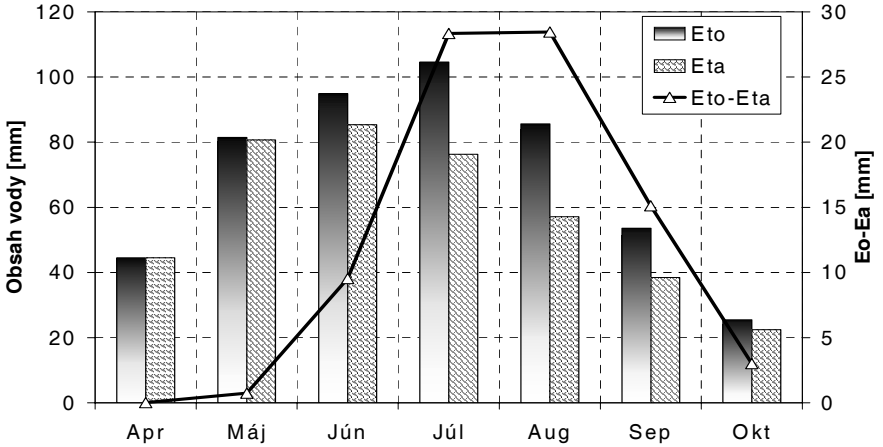
Obr. 8 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL pre referenčné obdobie 1955-84

Fig. 8 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL for reference period 1955-84



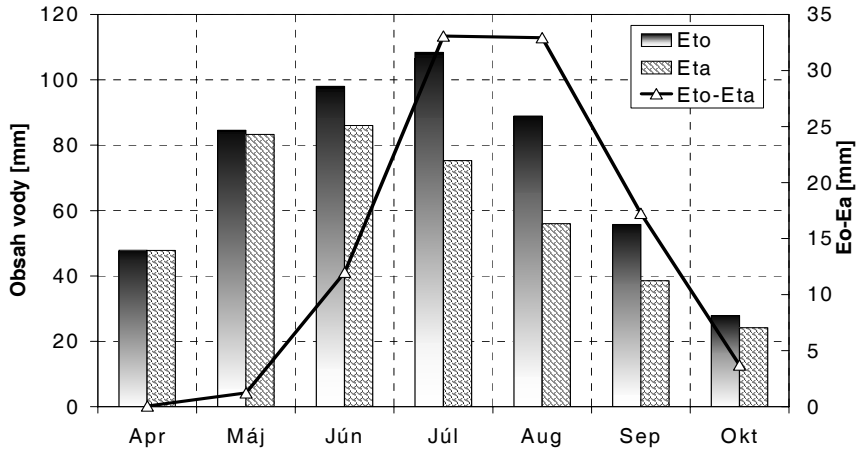
Obr. 9 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov CCCM2000 pre časový horizont 2010

Fig. 9 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios CCCM2000 for time horizon 2010



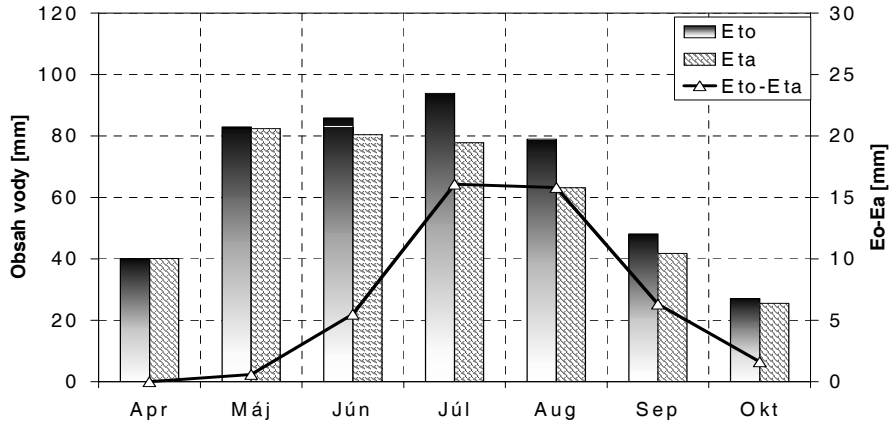
Obr. 10 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov CCCM2000 pre časový horizont 2030

Fig. 10 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios CCCM2000 for time horizon 2030



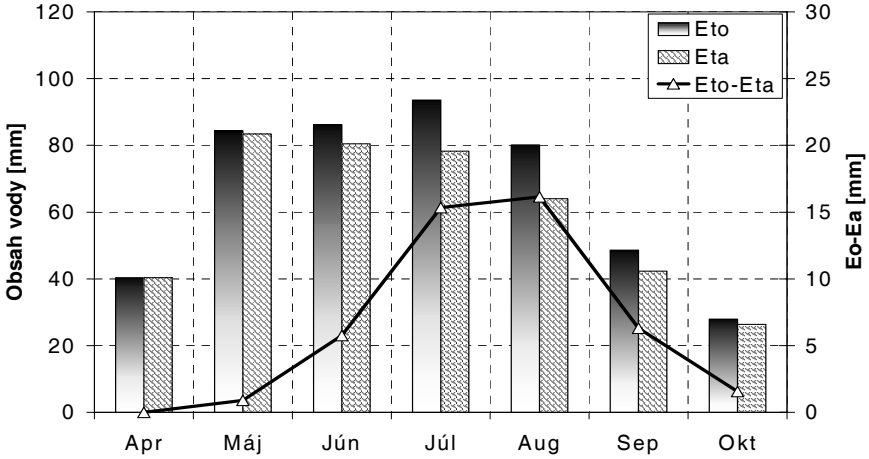
Obr. 11 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov CCCM2000 pre časový horizont 2075

Fig. 11 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios CCCM2000 for time horizon



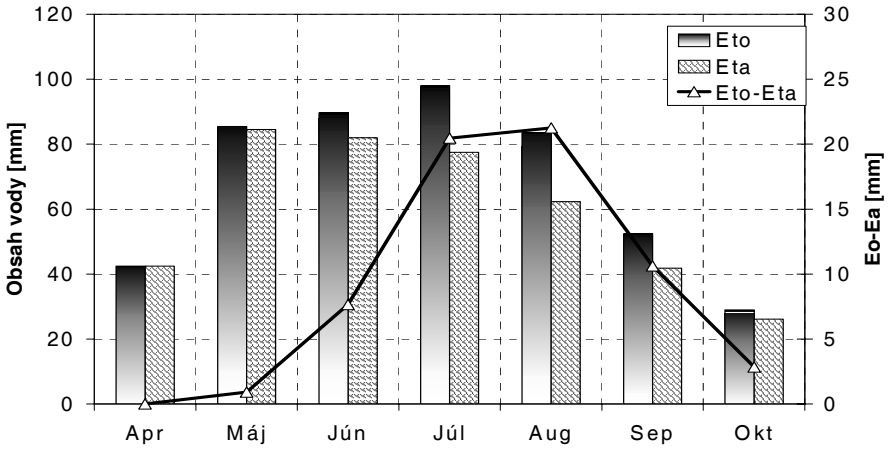
Obr. 12 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov GISS98 pre časový horizont 2010

Fig. 12 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios GISS98 for time horizon 2010



Obr. 13 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov GISS98 pre časový horizont 2030

Fig. 13 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios GISS98 for time horizon 2030



Obr. 14 Porovnanie potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie vypočítanej v modely GLOBAL s použitím meteorologických charakteristík upravených podľa scenárov GISS98 pre časový horizont 2075

Fig. 14 Comparison of potential and actual evapotranspiration calculated in model GLOBAL by using meteorological characteristics adjusted by scenarios GISS98 for time horizon 2075

ZÁVER

V práci bol hodnotený dopad klimatickej zmeny na aktuálnu a potenciálnu evapotranspirácu na lokalite Bodíky za vegetačné obdobie (IV-X). Časové chody prvkov boli vypočítané pre časový horizont 2010, 2030 a 2075 a pre referenčné obdobie 1955-84, s ktorým boli porovnávané. Na modelovanie bol použitý matematický model GLOBAL. Ako vstupy do výpočtu boli použité meteorologické charakteristiky upravené podľa scenárov GISS98 a CCCM2000. Okrem týchto charakteristík, hornú okrajovú podmienku tvorili fenologické charakteristiky topoľového porastu. Dolná okrajová podmienka bola zadefinovaná vlhkostným potenciálom v hĺbke 150 cm pod povrchom terénu. Počiatočnú podmienku tvoril vlhkostný profil na začiatku vegetačného obdobia v roku 1999.

Z výsledkov simulácie v modely GLOBAL možno usúdiť, že vybrané prvky bilančnej rovnice s°použitím spomínaných vstupných súborov nebudú významne ovplyvnené možnou klimatickou zmenou. Hydrologické prvky vypočítané s použivými upravenými vstupnými meteorologickými charakteristikami podľa scenára GISS98 predpokladajú postupný väčší nárast hodnôt až do horizontu 2075 v porovnaní s hydrologickými veličinami s použitím scenárov CCCM2000.

Poďakovanie

Príspevok bol podporený grantovým projektom VEGA č. 5018 a projektom APVT-51-019804. Autor zvlášť ďakuje doc. RNDr. Milanovi Lapinovi, CSc. (Katedra meteorológie a klimatológie, Univerzita Komenského, Bratislava) za výraznú pomoc pri vypracovávaní klimatických scenárov a za konzultácie.

Literatúra

Benetin, J., Šoltész, A., Štekauerová, V. (1985): Bilančný matematický model na podrobnú analýzu časovej variability zložiek vodného režimu pôd. Vodohospodársky časopis, 33(6), Bratislava, 585–609.

Feddes, R. A., Kowalik, P., Zaradny, H. (1978): Simulation of field water use and crop yield. PUDOC, Wageningen, The Netherlands, 184.

Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., Gera, M, Faško, P. (2000): Nové scenáre klimatickej zmeny pre Slovensko na báze výstupov prepojených modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry. In.: Národný klimatický program SR, 8, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava 2000, 5-34.

Lapin, M., Melo, M., Damborská I. (2001): Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. In.: NKP SR, 11, SHMÚ a MŽP SR, Bratislava, 5-30.

Lapin, M., Melo, M., Damborská, I., Gera, M, Gaál, L., Faško, P., Šťastný, P. (2002): Príprava scenárov klimatických zmien. Záverečná správa časti úlohy 03 z etapy 02.05 „Výskum zrážkovo-odtokových vzťahov“. Projekt VTP 27-34 „Výskum antropogénnych faktorov na vodné systémy“. Katedra meteorológie a klimatológie FMFI UK a SHMÚ pre Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava.

Lapin, M., Hlavčová, K., Petrovič, P. (2003): Vplyv klimatickej zmeny na hydrologické procesy. Uverejnené na CD z konferencie v Smoleniciach z mája 2003.

Majerčák, J., Novák, V. (1994): GLOBAL, one-dimensional variable saturated flow model, including root water uptake, evapotranspiration structure, corn yield, interception of precipitation's and winter regime calculation. Research Report, Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 75.

Novák, V. (1987): Estimation of soil – water extraction patterns by roots. Agric. Water Management, 12, 271–278.

Novák, V. (1989): Výpočet denných úhrnov evapotranspirácie modifikovanou penmanovskou metódou. Vodohospodársky časopis, ročník 37/1, Bratislava, 113–129.

Novák, V., Šútor, J., Majerčák, J., Šimunek, J., Genuchten, M., Th., van (1998): Modelling of Water and Solute Movement in the Unsaturated Zone of the Žitný Ostrov Region, South Slovakia. IH SAS, Bratislava, Slovakia, 73.

Penman, H. L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. Ser. A, 193, 120–145.

Petrovič, P. (2000): Dôsledky klimatickej zmeny na hydrologický režim v povodí Nitry. Národný klimatický program SR, 11, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, 58-73.

Rutter, A. J., Morton, A. .J., Robin, P. C. (1975): A predictive model of rainfal interception in forest II. J. Appl. Eco., 367–380.

Stehlová, K. (2004): Analýza prognózovaných prvkov vodnej bilancie s ohľadom na očakávanú klimatickú zmenu pre lokalitu Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, 2/2004, 231–242.

Stehlová, K., Mikulec, M. (2003): Využitie matematického modelovania pri riešení vplyvu klimatickej zmeny na zásobu vody v pôde v lokalite Bodíky v časových horizontoch 2010, 2030 a 2075. XI. Posterový deň s medzinárodnou účasťou. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda–rastlina–atmosféra. ÚH SAV, GFÚ SAV, Bratislava, 338-353.

Stehlová, K., Mikulec, M. (2004): Zhodnotenie prognózy modelovanej zásoby vody v zóne aerácie pôdy v horiznote 2010 na lokalite Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, 1/2004, 157–164.

Štekauerová, V., Majerčák, J., Šútor, J. (2001): Kvantifikácia zložiek vodnej bilancie v nenasýtenej oblasti pôdy. Acta Hydrologica Slovaca, 2/2, 183–190.

Štekauerová, V., Nagy, V. (2001): Vplyv klimatických podmienok na zabezpečenosť porastu vodou v lokalitách Báč a Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, 2/1, 58–63.

Šútor, J., Štekauerová, V. (2000): Hydrofyzikálne charakteristiky pod Žitného ostrova. Ústav hydrológie SAV, Bratislava, 7-163.

Takáč, J. (2001): Dôsledky zmeny klímy na bilanciu vody v poľnohospodárskej krajine. Národný klimatický program SR, 11, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, 16-26.

Tomlain, J. (1997): Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. Národný klimatický program SR, 7, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, 68-83.

Autor

Katarína Stehlová, ÚH SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava, stehlova@uh.savba.sk