

K rozložení složek rovnice energetické bilance povrchu na vybraných meteorologických stanicích středního Slovenska za období 1951-2000

On the distribution of energy balance equation components at selected meteorological stations in Central Slovakia for period 1951-2000

J. ŠKVARENINA ⁽¹⁾ and J. TOMLAIN ⁽²⁾

⁽¹⁾Technická univerzita vo Zvolene

⁽²⁾Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave

Abstract In the Slovak Republic the energy balance equation components are measured only in a small number of locations and thus does not allow to obtain information of the time and space distribution of these components for the whole territory of Slovakia. The lack of direct measurements leads to the energy balance components estimation by means of empirical and semiempirical relations between above mentioned components and meteorological characteristics observed in a net of meteorological stations. The model following from common solution of the energy and water balance equations was performed and discussed for 4 localities in the Central Slovakia region for period 1951-2000. The impact model data are: air temperature and humidity, cloudiness, precipitation and number of days with snow cover.

Key words: energy balance components, relative evapotranspiration, Bowen ratio, droughty index

Úvod

Počet meteorologických staníc na území Slovenska, kde sa robia merania jednotlivých zložiek rovnice energetické bilancie povrchu je v súčasnosti nepostačujúci k urobeniu analýzy priestorového a časového rozloženia uvedených zložiek na celom území Slovenska. Matematicko-fyzikálny model, vychádzajúci zo spoločného riešenia rovníc energetické a vodnej bilancie, je vhodným nástrojom pre stanovenie a analýzu týchto zložiek pre väčšie územné celky.

Materiál a metódy

Predkladaná práca prináša modelový výpočet a analýzu rozloženia základných zložiek rovnice energetické bilancie zemského povrchu na 4 lokalitách stredného Slovenska, nachádzajúcich sa v rozdielnych klimatických podmienkach, za obdobie 1951-2000. Vstupnými údajmi modelu sú teplota a vlhkosť vzduchu, oblačnosť, atmosférické zrážky a počet dní so snehovou pokrývkou, čo sú meteorologické prvky pravidelne merané v sieti meteorologických staníc.

Relatívna evapotranspirácia (E/E_0) a index sucha (E_0/P) vyjadrujú funkcionálne závislosti medzi jednotlivými zložkami rovnice energetické a vodnej bilancie povrchu, a preto sú vhodnými ukazovateľmi vlhkosťných pomerov zvolenej lokality. (Vyjadrujú vzťah medzi energetickými možnosťami evapotranspirácie, vlhkosťou pôdy a úhrnmi zrážok.)

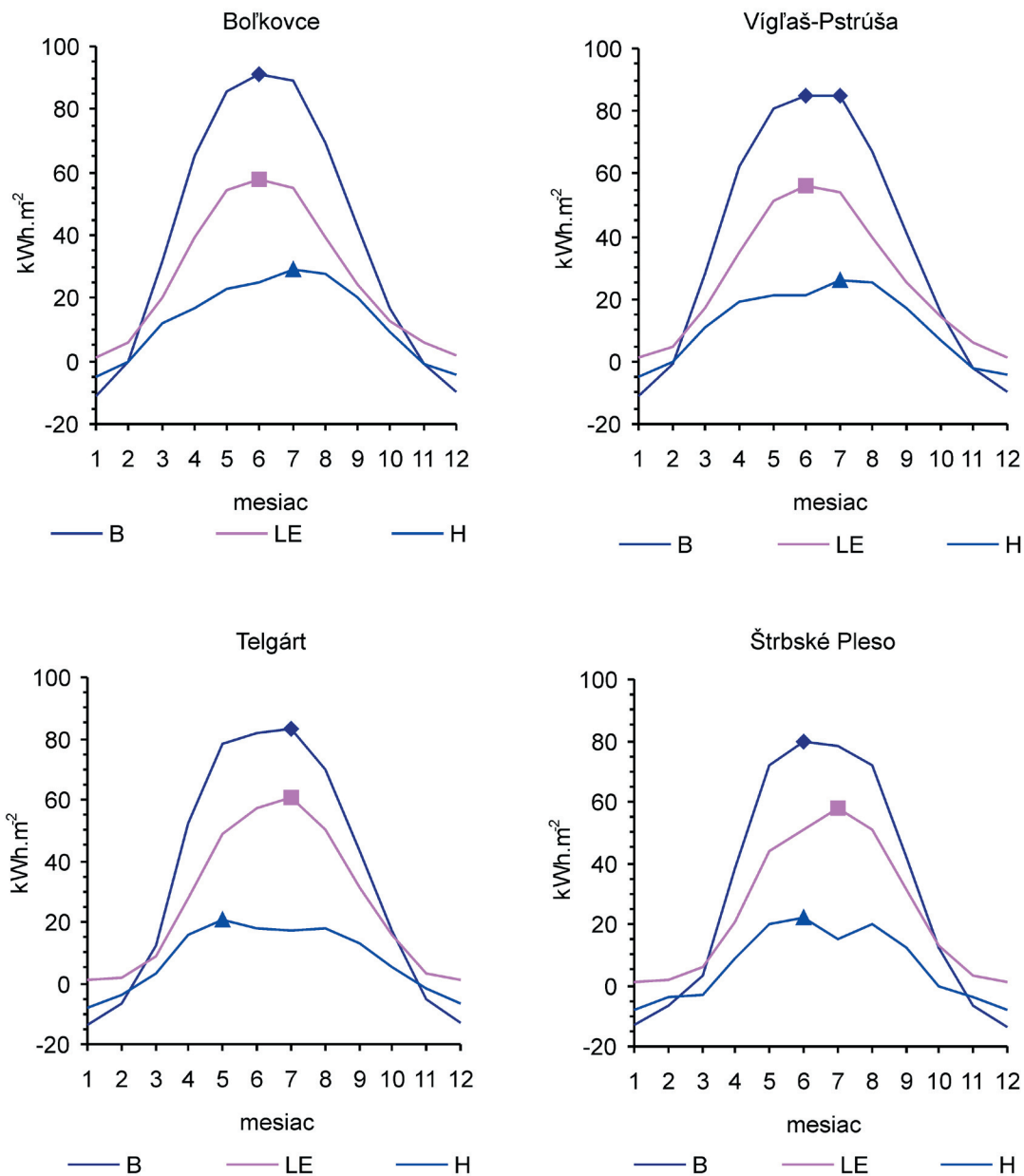
Výsledky a diskusia

Juh stredného Slovenska je charakterizovaný ako podoblasť teplá, mierne suchá s chladnejšou zimou. Priemerná ročná suma celkovej bilancie žiarenia (B) v Boľkovciach za obdobie 1951 až 2000 dosiahla 470 kWh.m⁻², z ktorej

na ročnú evapotranspiráciu (LE) sa spotrebovalo 67 % a na turbulentný tok tepla do atmosféry (H) 33 %. Za letné mesiace priemerná suma B je 249 kWh.m⁻², z ktorej na LE pripadá 61% a na H 33%. Z ročného úhrnu zrážok 615 mm sa vyparí 74 %. Priemerná ročná hodnota relatívnej evapotranspirácie (E/E_0) sa rovná 65 % a priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie (E_0) 704 mm. V priebehu roka E/E_0 sa mení od 76 % za jarné mesiace do 52 % za jeseň. V ročnom chode B dosahuje maximum v júni a záporné sumy má od novembra do januára. Ročný chod zrážok a LE je charakterizovaný výskytom maxima v júni, potenciálnej evapotranspirácie a H v júli. V priemere za roky 1951 až 2000 ročný index sucha má hodnotu 1,14 a Bowenov pomer 0,48. Ročné hodnoty indexu sucha za roky 1951 až 2003 sa menili od 0,61 vo vlhkom roku 1965 (ročný úhrn zrážok 1010 mm) do 1,62 v suchom roku 1993 (ročný úhrn zrážok 478 mm) a ročné hodnoty E/E_0 od 47 % v roku 1993 do 93 % v roku 1965.

Vo Víglaši-Pstrúši, ktorý má kotlinovú polohu, priemerná ročná suma B za obdobie 1951 až 2000 dosiahla 441 kWh.m⁻². Z tejto zásoby energie sa na evapotranspiráciu spotrebovalo 69 % a na zohrievanie atmosféry 31 %. Na ročnom úhrne zrážok 606 mm sa evapotranspirácia podieľa 72 %. Ročný chod B a LE je charakterizovaný výskytom maxima v júni, H a E_0 v júli. Priemerná ročná hodnota indexu sucha za uvažované obdobie dosiahla 1,03 (v lete 1,48) a relatívnej evapotranspirácie 70 %. Pomer turbulentného toku tepla k teplu spotrebovanému na evapotranspiráciu (Bowenov pomer) za uvažované obdobie v priemere za rok má hodnotu 0,45 (v lete 0,48). Ročný index sucha sa za roky 1951 až 2003 menil od 0,58 v roku 1965 (ročný úhrn zrážok 894 mm) do 1,57 v roku 1992 (ročný úhrn zrážok 459 mm) a E/E_0 od 56 % v roku 1992 do 97 % v roku 1965.

Telgárt sa nachádza v podoblasti mierne teplej (júlová teplota 14,5 °C) a vlhkej s chladnou až studenou zimou.



Obr. 1 Ročný chod zložiek rovnice energetickej bilancie povrchu v kWh.m⁻² na staniciach Boľkovce, Vígľaš-Pstrúša, Telgárt a Štrbské Pleso za obdobie 1951-2000 (B - celková bilancia žiarenia, LE - teplo spotrebované na evapotranspiráciu a H - turbulentný tok tepla)

Figure 1 Annual course of energy balance equation components in kWh.m⁻² at stations Boľkovce, Vígľaš-Pstrúša, Telgárt and Štrbské Pleso for the period 1951-2000 (B - total radiation balance, LE - latent heat flux and H-sensible heat flux)

Priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1951 až 2000 bol 843 mm, z ktorého evapotranspirácia tvorila 52 %. V priemere za rok suma celkovej bilancie žiarenia dosiahla 398 kWh.m⁻², z ktorej 77 % sa spotrebovalo na evapotranspiráciu a 23 % na turbulentný prenos tepla do atmosféry. V ročnom chode najviac zrážok tu spadne v júni. Potenciálna a aktuálna evapotranspirácia, B a LE dosahuje maximum v júli a H v máji. B má záporné hodnoty 4 mesiace v roku (od novembra do februára). Priemerná

ročná hodnota $E_0/P = 0,58$ (v lete 0,82) a E/E_0 sa mení od 86 % v jeseni do 100 % v zime. Ročný priemer $E/E_0 = 90$ %. Priemerná ročná hodnota Bowenovho pomeru dosahuje 0,29 (na jar 0,47, v lete a jeseni 0,32). Ročné hodnoty indexu sucha za roky 1951 až 2003 sa menili od 0,40 v roku 1965 (ročný úhrn zrážok 987 mm) do 0,76 v roku 1992 (ročný úhrn 755 mm). Ročná hodnota E/E_0 kolísala od 75 % v roku 1992 do 99 % v roku 1965.

Tab. 1 Priemerné ročné a sezónne sumy zložiek rovnice energetickej bilancie povrchu na vybraných staniách stredného Slovenska za obdobie 1951-2000 (B-celková bilancia žiarenia, LE-teplo spotrebované na evapotranspiráciu, H-turbulentný tok tepla v kWh.m⁻², E/E_o - relatívna evapotranspirácia, H/LE-Bowenov pomer, E_o/P-index sucha, P-atmosferické zrážky a E_o-potenciálna evapotranspirácia v mm).

Tab. 1 Average annual and seasonal totals energy balance equation componets of soil surface for the period 1951-2000 at selected station of Central Slovakia (B-total radiation balance, LE-latent head flux, H-sensible head flux in kWh.m⁻², E/E_o-potential evapotranspiration, H/LE Bowen's ration, E_o/P-droughty index, P-precipitation and E_o potential evapotranspiration in mm).

	Rok Year	Jar Spring	Leto Summer	Jeseň Fall	Zima Winter
Boľkovce ($\varphi = 48^{\circ} 20'$; $\lambda = 19^{\circ} 44'$; h = 214 m a.s.l.)					
B	470	183	249	59	-21
LE	317	113	152	43	9
H	153	52	82	28	-9
E/E _o	65	76	62	52	81
H/LE	0.48	0.46	0.54	0.65	-
E _o /P	1.14	1.42	1.73	0.82	0.14
Víglaš-Pstruša ($\varphi = 48^{\circ} 33'$; $\lambda = 19^{\circ} 19'$; h = 368 m a.s.l.)					
B	441	171	237	55	-22
LE	305	103	150	45	7
H	136	51	72	22	-9
E/E _o	70	77	69	61	71
H/LE	0.45	0.50	0.48	0.49	-
E _o /P	1.03	1.34	1.48	0.73	0.13
Telgárt ($\varphi = 48^{\circ} 51'$; $\lambda = 20^{\circ} 11'$; h = 901 m a.s.l.)					
B	398	142	235	55	-34
LE	308	86	168	50	4
H	90	40	53	16	-19
E/E _o	90	88	93	86	100
H/LE	0.29	0.47	0.32	0.32	-
E _o /P	0.58	0.64	0.82	0.44	0.04
Štrbské Pleso ($\varphi = 49^{\circ} 07'$; $\lambda = 20^{\circ} 04'$; h = 1360 m a.s.l.)					
B	356	113	230	47	-34
LE	285	71	160	50	4
H	71	26	57	8	-20
E/E _o	93	91	95	90	100
H/LE	0.25	0.37	0.36	0.16	-
E _o /P	0.45	0.48	0.72	0.38	0.03

V horských oblastiach stredného Slovenska pozorujeme dostatok zrážok počas celého roka. Charakter a ich hodnoty sú výrazne ovplyvnené energetickými možnosťami. Na Štrbskom Plese, ktoré sa nachádza v chladnej, horskej a veľmi vlhkej podobe, priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1951 až 2000 je 976 mm, z ktorých evapotranspirácia dosiahla 42 %. Priemerná ročná suma B je 356 kWh.m⁻², z ktorej 80 % sa spotrebuje na evapotranspiráciu a 20 % na turbulentný tok tepla do atmosféry. Ročný chod zrážok, potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie je charakterizovaný výskytom maxima v júli a celkovej bilancie žiarenia v júni. Relatívna evapotranspirácia v priebehu roka presahuje 90 % a hodnoty indexu sucha sa menia od 0,38 v jeseni do 0,72 v letných mesiacoch. Za obdobie 1951 až 2003 sa ročné hodnoty indexu sucha menili od 0,35 v roku 1958 (ročný úhrn zrážok 1160 mm) do 0,59 v roku 2003 (ročný úhrn zrážok 794 mm)

a E/E_o od 84 % v roku 2003 do 100 % v roku 1958. Priemerná ročná hodnota Bowenovho pomeru za obdobie 1951 až 2000 dosiahla 0,25 (na jar 0,37).

Záver

1) Priemerné ročné sumy jednotlivých zložiek rovnice energetickej bilancie povrchu sa rastom nadmorskej výšky znižujú. Tak napr. vo Víglaš-Pstruši ročná suma celkovej bilancie žiarenia za obdobie 1951-2000 tvorí 94 %, v Telgárte 85 % a na Štrbskom Plese 76 % sumy v Boľkovciach. Ročná suma turbulentného toku tepla do atmosféry vo Víglaš-Pstruši je 89 %, v Telgárte 59 % a na Štrbskom Plese 46 % hodnotách H v Boľkovciach.

2) Pribúdaním zrážok pri dostatočných energetických možnostiach, evapotranspirácia s nadmorskou výškou

vzrastá po určitú hranicu a potom, v dôsledku nedostatku energie (pribúdania oblačnosti, počtu dní so snehovou pokrývkou, poklesom teploty vzduchu a povrchu pôdy) rastom nadmorskej výšky sa znižuje. Tento efekt sa prejavuje aj v profile Boľkovce-Štrbské Pleso.

3) Priemerný vertikálny gradient B za rok má v profile Boľkovce-Štrbské Pleso hodnotu 9,95 kWh.m⁻² na 100 m (na jar je to 6,1, v lete 1,66 a na jeseň 1,05 kWh.m⁻² na 100 m).

4) Na všetkých uvažovaných staniách sú priemerné ročné sumy tepla spotrebovaného na evapotranspiráciu väčšie ako teplo prenášané turbulentnou výmenou.

5) Rastom nadmorskej výšky sa hodnoty Bowenovho pomeru znižujú.

6) Podiel tepla spotrebovaného na evapotranspiráciu na celkovej bilancii žiarenia má s nadmorskou výškou rastúcu tendenciu. Podiel turbulentného toku tepla na celkovú bilanciu žiarenia sa rastom nadmorskej výšky znižuje.

7) Index sucha má rastom nadmorskej výšky klesajúcu tendenciu (v priemere za rok Boľkovce 1,14, Telgárt 0,58 a Štrbské Pleso 0,45).

8) Turbulentný tok tepla a celková bilancia žiarenia majú záporné hodnoty (v Boľkovciach 3 mesiace, v Telgárte 4 mesiace a na Štrbskom Plese 5 mesiacov).

9) Hodnoty relatívnej evapotranspirácie rastom nadmorskej výšky sa zväčšujú (v priemere za rok Boľkovce 65 %, Víglaš-Pstrúša 70 %, Telgárt 90 % a Štrbské Pleso 93 %).

10) Podiel evapotranspirácie na atmosférických zrážkach rastom nadmorskej výšky má klesajúcu tendenciu. Výnimku tvorí stanica Víglaš-Pstrúša, nachádzajúca sa v zrážkovom tieni, Javoria, Poľany a Kremnických vrchov.

Podakovanie

Autori ďakujú za podporu projektom VEGA MŠ SR No. 1/2382/05, 1/2357/05, 1/3283/06, 1/4393/07 a projektu APVT 18-016902

Použitá literatúra

[1] Budyko, M. I., 1980: Klimat v prošlom i v budúštem. Gidrometeoizdat, Leningrad, pp. 350.

[2] Tomlain, J., 1991: Modelovanie evapotranspirácie z rôznych povrchov na území Slovenska. Hydrogeológia, výskum a prax, Bratislava, pp. 118-134.

[3] Tomlain, J., 1996: Modelové výpočty dôsledkov zmeny klímy na zmeny potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie na Slovensku. NKP SR, N°4, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, pp. 45-74.

[4] Tomlain, J., 1991: Charakteristika suchých a vlhkých oblastí Slovenska. Zborník prác SHMÚ, zv. 33, Bratislava, pp. 173-183.

[5] Tomlain, J., 2004: Contribution to humid conditions of Slovakia. Acta Met. Univ. Com., Volume XXXIII, pp. 21-30.

[6] Škvarenina, J., Tomlain, J., Križová, E. 2002: Klimatická vodní bilance vegetačních stupňů na Slovensku. Meteor. zpr. -Meteorological bulletin, Prague, Vol. 55, No 4, pp. 103-109.

[7] Škvarenina, J., Križová, E., Tomlain, J. 2004: Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages in Slovakia. Ekológia, Bratislava, Vol. 23, Supplement 2/2004, pp. 13-19.

[8] Zubenok, L., 1976: Isparenie na kontinentach. Gidrometeoizdat, Leningrad, pp. 264.