

Vyhodnotenie obsahu pôdnej vody s využitím simulačných modelov GLOBAL a DSSAT 4

Evaluation of soil water content by simulation models GLOBAL and DSSAT 4

D. IGAZ, I. TÓTHOVÁ and P. SAMUHEL

Department of Biometeorologie and Hydrologie, Slovak University of Agriculture, Hospodárska 7, 949 76 Nitra,
Slovak Republic (e-mail: Dusan.Igaz@uniag.sk)

Abstract The submitted report compares simulated and measured values of soil water content. Soil water moisture was measured on research basis of SUA (Slovak University of Agriculture) in locality Koliňany (48° 22' 0" latitude, 18° 12' 0" longitude, 200 m above sea-level). The soil type is classified as sandy-loam Haplic Luvisols with humus content 2 – 2,99 % on experimental area.

There was used VIRRIB instrument for measurement of soil moisture working on TDT (Time Domain Transmissometry) method. There were used two kinds of models the first one Global model – simulation model of soil water movement in soil with crop cover (Slovak Academy of Sciences Institute of Hydrology, Bratislava developed by Majerčák, Novak) and the second DSSAT 4 model - Decision Support System for Agrotechnology Transfer (University of Hawaii, USA developed by Tsuji, Uehara, Balas) for simulation of soil water content.

Time series of simulated and measured values of soil moisture were prepared and evaluated during years 2002-2004. Measured and simulated courses of water content were consequently tested by correlation analysis in MS Excel and by analysis of percentage differences between simulated and measured values according to 15% differential.

Key words: soil water content, TDT, GLOBAL, DSSAT 4

Úvod

Množstvo vody akumulované v pôdnom profile v tzv. zóne aerácie priamo zabezpečuje a determinuje vegetačnú vrstvu na povrchu pôdy (Šútor, Štekauerová, Majerčák, 2002). Obsah vody v tejto zóne sa v prírodných podmienkach pohybuje vo veľmi veľkom rozpätí, a to od úplne vysušenej pôdy v letných mesiacoch až po pôdu úplne nasýtenú vodou (Antal, 1996). Meranie časových radov množstva vody v pôdnom profile nie je vo väčšine prípadov jednoduché, mnohokrát to nie je ani možné resp. si to vyžaduje zdĺhavé meracie postupy náročné na prístrojové vybavenie. Na diagnostiku potrebných parametrov vodného režimu pôdy v zóne aerácie sa v súčasnosti s úspechom využíva matematické modelovanie.

Aj napriek časovej, prístrojovej a personálnej náročnosti priamych meraní, je úspešné matematické modelovanie nemožné bez priameho monitoringu, ktorý je potrebný k verifikácii modelu. (Štekauerová, Nagy 2003, Halaj, 1996) Až po získaní dostatočne dlhého radu meraní

na konkrétnom stanovišti je možné pristúpiť k verifikácii modelu pre dané podmienky a následne využívať model na prognózu požadovaných parametrov prírodného prostredia ako napr.: parametre vodného režimu pôdy, zložky vodnej bilancie, pohyb látok v pôdnom profile, produkčné parametre rastlín atď.

Materiál a metódy

Lokalita, na ktorej prebiehal monitoring pôdnej vlhkosti sa nachádza na výskumno-experimentálnej báze Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Koliňanoch (48° 22' 0" s. z. š., 18° 12' 0" v. z. d., 200 m n. m.). Vytvoreným pôdnym typom je hnedozem, bližšie klasifikovaná ako subtyp Hnedozem kultizemná (HMa). Výsledky zrnitostného zloženia poukazujú na pôdu piesočnato – hlinitú v humusovom kultizemnom (Akp) horizonte (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 20 – 30 %), v hlbších častiach Bt horizontu (cca. 0,4m) na pôdu hlinitú (obsah frakcie < 0,01 mm v intervale 30 – 45 %) (Chlpík, Pospíšil 2004).

Tabuľka 1 Hydrofyzikálne charakteristiky pôdneho profilu v lokalite Koliňany
Table 1 Hydrophysical characteristics of soil profile in locality Koliňany

Depth [m]	K_s [cm.day ⁻¹]	Parameter		ρ_d [g.cm ⁻³]	θ_r [cm ⁻³ .cm ⁻³]	θ_{FC} [cm ⁻³ .cm ⁻³]	θ_s [cm ⁻³ .cm ⁻³]
		α [cm ⁻¹]	n [-]				
0-0,30	70,5	0,00249	1,2411	1,3	0,021	0,352	0,423
0,31-0,50	6,58	0,00242	1,2601	1,48	0,011	0,347	0,416
0,50-1,0	6,21	0,00016	1,4890	1,48	0,013	0,378	0,422

V tabuľke 1. sú uvedené základné hydrofyzikálne parametre pôdneho profilu ako je nasýtená hydraulická vodivosť K_s , parametre analytického vyjadrenia retenčnej krivky podľa van Genuchtena (1980) α , n - v tomto prípade nebolo uvažované z hysterezou retenčnej krivky, redukovaná objemová hmotnosť ρ_d , reziduálna vlhkosť θ_r , poľná vodná kapacita θ_{FC} a nasýtená vlhkosť alebo plná vodná kapacita θ_s .

Dolná okrajová podmienka bola zadaná počas celého uvažovaného obdobia hladinou podzemnej vody v hĺbke 12 m.

Horná okrajová podmienka je determinovaná meteorologickými dátami a to denné zrážkové úhrny, rýchlosť vetra, tlak nasýtených vodných pár a trvanie slnečného žiarenia za vegetačné obdobie pozorovaných rokov. Fenologické údaje o rastlinnom kryte predstavujú index listovej pokrývnosti LAI, drsnosť porastu, albedo a hĺbka koreňovej zóny.

V práci boli použité dva simulačné modely, a to model GLOBAL – simulačný model pohybu vody v pôde s rastlinným krytom (Majerčák, Novák 1995) a model DSSAT 4 – The Decision Support System for Agrotechnology Transfer (University of Hawaii, USA Tsuji, Uehara, Balas 1994). Výsledky simulácie boli následne porovnané s výsledkami poľných meraní uskutočnených v uvedenej lokalite počas vegetačného obdobia rokov 2002-2004. Následne boli časové rady pôdnej vlhkosti podrobené korelačnej analýze a porovnaniu zhodných výsledkov modelovania s meranými hodnotami. Kritériom bola stanovená diferenciacia medzi meranými a modelovanými hodnotami do $\pm 15\%$.

Na meranie pôdnej vlhkosti bol použitý elektromagnetický snímač pôdnej vlhkosti VIRRI (Litschmann, 1991)

výrobcu AMET, Velké Bílovice, ČR pracujúci na princípe TDT (Time domain transmissometry) z dôvodu nižších obstarávacích nákladov ako u snímačov TDR (Time domain reflectometer). Snímač bol umiestnený v hornej tretine svahu experimentálnej plochy, pretože v týchto miestach väčšinou bývajú priemerné vlhkosťové pomery. Umiestnenie snímača bolo v hĺbke 25 cm v horizontálnej polohe, čím sme vylúčili možné skreslenie nameraných údajov oproti polohe vertikálnej, vplyvom rozdielnych vlhkostí pôdy na vrchnej a spodnej strane snímača.

Výsledky a diskusia

Zrážkové úhrny v jednotlivých mesiacoch rokov 2002-2004 sú uvedené v tabuľke 2., kde sú okrem toho jednotlivé mesiace zhodnotené vzhľadom ku klimatickému normálu rokov 1951-80. Podklady pre analýzu jednotlivých rokov boli čerpané z prác autorov Šiška, Repa (2003, 2004) a Šiška, Čimo (2006) Bárek (1999, 2006).

Za sledované obdobie v roku 2002 spadlo najviac zrážok v mesiaci august (90,0 mm), najnižší mesačný zrážkový úhrn bol zaznamenaný v januári (11,9 mm). V roku 2003 spadlo najviac zrážok v mesiaci júl (92,0 mm) a najmenej vo februári a to len (1,0 mm). V roku 2004 bol nameraný najvyšší mesačný zrážkový úhrn v júni (93,8 mm) a najnižší v júli (19,4 mm).

Z hľadiska teplotných pomerov (Tab. 3.) bola v roku 2002 najvyššia priemerná mesačná teplota v mesiaci júl (22,1 °C) a najnižšia v januári (-1,2 °C). V roku 2003 bola najvyššia priemerná mesačná teplota v mesiaci august (22,7 °C) a najnižšia v januári (-1,9 °C). V roku 2004 bola podobne ako v roku 2003 najvyššia priemerná mesačná teplota v mesiaci august (20,1 °C) a najnižšia v januári (-3,1 °C).

Tabuľka 2 Hodnotenie zrážok jednotlivých mesiacov rokov 2002-2004 podľa klimatického normálu zrážok (PCN) 1951-1980 v Nitre

Table 2 Evaluation of months according to precipitation climatic normal (PCN) 1951-80 in Nitra for years 2002-2004

Month/Year	I/02	II/02	III/02	IV/02	V/02	VI/02	VII/02	VIII/02	IX/02	X/02	XI/02	XII/02
P [mm]	11,9	35,7	28,7	44,5	62,3	68,5	50,9	90,0	62,1	78,2	42,0	37,7
PCN 1951-80	31	32	33	43	55	70	64	58	37	41	54	43
% from PCN	38,4	111,6	87	103,5	113,3	97,9	79,5	155,2	167,8	190,7	77,8	87,7
characteristics	vd	n	n	n	n	n	n	vw	vw	vw	n	n
Month/Year	I/03	II/03	III/03	IV/03	V/03	VI/03	VII/03	VIII/03	IX/03	X/03	XI/03	XII/03
P [mm]	33	1	2	27	45	7	92	24	16	66	33	24
PCN 1951-80	31	32	33	43	55	70	64	58	37	41	54	43
% from PCN	106	2	7	63	81	9	144	41	42	161	61	56
characteristics	n	ed	ed	d	n	ed	w	vd	vd	vw	d	d
Month/Year	I/04	II/04	III/04	IV/04	V/04	VI/04	VII/04	VIII/04	IX/04	X/04	XI/04	XII/04
P [mm]	55,9	31,1	52,8	36,3	36,9	93,8	33,8	19,4	36,7	45,3	45,7	26,8
PCN 1951-80	31	32	33	43	55	70	64	58	37	41	54	43
% from PCN	180	97,2	160	84,42	67,1	134	52,81	33,44	99,19	110,5	84,6	62,3
characteristics	vw	n	vw	n	d	w	d	vd	n	n	n	d

vw – very wet (veľmi vlhký), w – wet (vlhký), n – normal (normálny), d – dry (suchý), vd – very dry (veľmi suchý), ed – extremely dry (extrémne suchý)

Tabuľka 3 Priemerná mesačná teplota (°C) v Nitre v rokoch 2002-2004
Table 3 Average monthly temperatures in Nitra for year 2002-2004

Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2002	-1,2	3,5	6,3	9,9	17,4	19,6	22,1	20,8	14,9	9,7	8	-0,4
2003	-1,9	-1,8	5,1	10,7	18,8	21,3	21,2	22,7	15,8	7,9	1,0	0,9
2004	-3,1	1,5	4,7	11,3	14,3	17,4	20,0	20,1	14,7	11,7	5,5	0,8

Tabuľka 4 Zhoda medzi meranými a modelovanými hodnotami v diferenciách $\pm 15\%$ a ich korelačný koeficient

Table 4 Identical of measured and simulated values within difference of $\pm 15\%$ and correlation coefficient between measured and simulated values

rok	Počet meraní	Počet zhodných meraní v diferenciách $\pm 15\%$		Percentuálne vyjadrenie zhodných meraní v diferenciách $\pm 15\%$		Korelačný koeficient	
		Global	DSSAT 4	Global	DSSAT 4	Global	DSSAT 4
2002	48	40	37	83,3 %	77,1 %	0,66	0,72
2003	48	36	40	75,0 %	83,3 %	0,81	0,89
2004	49	42	38	85,7 %	77,6 %	0,90	0,62

Pri porovnávaní jednotlivých časových radov meraných pôdných vlhkostí s priebehmi modelovanými pomocou modelu GLOBAL a DSSAT 4 môžeme konštatovať, že oba modely pracujú v relatívne uspokojivej zhode s meranými hodnotami. Za podmienku uspokojivej zhody medzi meranými a simulovanými hodnotami bola zvolená hodnota 80% výsledkov v diferenciách do $\pm 15\%$ (Žalud, 1999).

Na obrázku 1. sú znázornené merané a modelované hodnoty objemovej pôdnej vlhkosti v lokalite Koliňany v roku 2002. Z priebehov vlhkosti je zrejmé, že v uvedenom roku sa počas vegetačného obdobia pohybovala pôdna vlhkosť v intervale PVK-BZD, čomu odpovedá aj hodnotenie vegetačného obdobia z hľadiska zrážok. Podľa tabuľky 2. je vidieť, že uvedené mesiace vegetačného obdobia roku 2002 sú vzhľadom ku klimatickému normálu rokov 1951-1980 hodnotené ako normálne alebo veľmi vlhké.

Pri porovnaní meraných a modelovaných hodnôt v roku 2002 model GLOBAL z celkového počtu 48 meraní mal v diferenciách do $\pm 15\%$ 40 zhodných meraní čo predstavovalo 83,3% s koeficientom korelácie 0,66. Model DSSAT 4 mal z celkového počtu 48 meraní 37 zhodných meraní čo predstavovalo 77,1% s koeficientom korelácie 0,72 (tab.4).

Rok 2003 bol v porovnaní s rokom 2002 suchší na čo zareagovali aj modelované priebehy pôdnej vlhkosti. Na obrázku 2. sú znázornené priebehy meraných a modelovaných pôdných vlhkostí, ktoré sa počas vegetačného obdobia pohybovali pod hodnotou BZD. Len v mesiacoch máj a júl sa pôdna vlhkosť pohybovala nad hodnotou BZD. Len tieto dva mesiace je možné vzhľadom ku klimatickému normálu rokov 1951-1980 hodnotiť ako normálny (V.) resp. vlhký (VI.). Zvyšné mesiace vegetačného obdobia roku 2003 sú hodnotené ako suchý alebo veľmi suchý (tab. 2).

Pri porovnaní meraných a modelovaných hodnôt v roku 2003 model GLOBAL z celkového počtu 48 meraní mal v diferenciách do $\pm 15\%$ 36 zhodných meraní, čo predstavovalo 75,0% s koeficientom korelácie 0,81. Model DSSAT 4 mal

z celkového počtu 48 meraní 40 zhodných meraní čo predstavovalo 83,3% s koeficientom korelácie 0,89 (tab. 4).



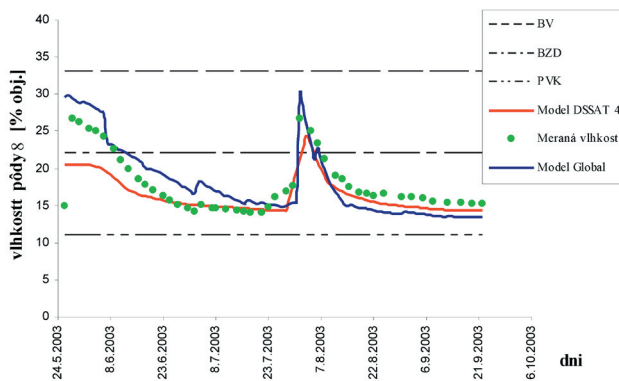
Obr. 1 Merané a modelované hodnoty objemovej pôdnej vlhkosti v lokalite Koliňany v roku 2002, BV – bod vädnutia, BZD – bod zníženej dostupnosti, PVK – poľná vodná kapacita

Fig. 1 Measured and simulated values of volumetric soil moisture in research area Koliňany during season 2002, BV – (WP) wilting point, BZD – (PDA) point of decreased availability for the plants, PVK – (FC) field water capacity

V roku 2004 sa pôdna vlhkosť meraná aj modelovaná pohybovala na začiatku vegetačného obdobia v intervale PVK-BZD a od začiatku júla pod hodnotou BZD. Tomuto odpovedá aj hodnotenie jednotlivých mesiacov z hľadiska zrážkových pomerov v porovnaní s klimatickým normálom rokov 1951-1980. Podľa tejto charakteristiky je možné jednotlivé mesiace na začiatku vegetačného obdobia hodnotiť ako normálny (IV.), suchý (V.), vlhký (VI.) a ku koncu ako suchý (VII.), veľmi suchý (VIII.) a normálny (IX).

Porovnaním meraných a modelovaných hodnôt v roku 2004 model GLOBAL z celkového počtu 49 meraní mal v diferenciách do $\pm 15\%$ 42 zhodných meraní, čo predstavovalo 85,7% s koeficientom korelácie 0,90. Model DSSAT 4

mal z celkového počtu 49 meraní 38 zhodných meraní čo predstavovalo 77,6% s koeficientom korelácie 0,62 (tab.4).



Obr. 2 Merané a modelované hodnoty objemovej pôdnej vlhkosti v lokalite Koliňany v roku 2003, BV – bod vädnutia, BZD – bod zníženej dostupnosti, PVK – poľná vodná kapacita

Fig. 2 Measured and simulated values of volumetric soil moisture in research area Koliňany during season 2003, BV – (WP) wilting point, BZD – (PDA) point of decreased availability for the plants, PVK – (FC) field water capacity



Obr. 3 Merané a modelované hodnoty objemovej pôdnej vlhkosti v lokalite Koliňany v roku 2004, BV – bod vädnutia, BZD – bod zníženej dostupnosti, PVK – poľná vodná kapacita

Fig. 3 Measured and simulated values of volumetric soil moisture in research area Koliňany during season 2004, BV – (WP) wilting point, BZD – (PDA) point of decreased availability for the plants, PVK – (FC) field water capacity

Záver

Predkladaný príspevok porovnáva modelované pôdne vlhkosti s meranými. Pôdne vlhkosti boli merané na výskumno-experimentálnej báze SPU v lokalite Koliňany (48° 22' 0" s. z. š., 18° 12' 0" v. z. d., 200 m n. m.). Pôda na experimentálnej ploche je klasifikovaná ako hnedozem kultivovaná (HMa), hlinito-piesočnatá so stredným obsahom humusu 2 - 2,99 % hm.

Na meranie pôdnej vlhkosti bol použitý prístroj VIRIRIB pracujúci na princípe TDT (Time Domain

Transmissometry). K modelovaniu boli použité dva typy modelov a to model GLOBAL – simulačný model pohybu vody v pôde s rastlinným krytom (ÚH-SAV, Bratislava) a model DSSAT 4 – The Decision Support System for Agrotechnology Transfer (University of Hawaii, USA) Časové rady meraných a modelovaných hodnôt pôdnej vlhkosti boli spracované a vyhodnotené pre roky 2002-2004. Následne boli podrobené korelačnej analýze a analýze percentuálnej zhody meraných a modelovaných hodnôt s diferenciou do $\pm 15\%$.

Pri porovnávaní jednotlivých časových radov meraných pôdnych vlhkostí s priebehmi modelovanými pomocou modelu GLOBAL a DSSAT 4 môžeme konštatovať, že oba modely pracujú v relatívne uspokojivej zhode s meranými hodnotami. Percentuálne vyjadrenie zhodných meraní u modelu GLOBAL sa pohybovali od 75% do 85,7% a pri modeli DSSAT 4 to bolo od 77,1% do 83,3%.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Agentúry na podporu vedy a techniky na základe zmluvy č. APVT-51-019804 a grantových projektov VEGA VEGA 2/6018/26 a 1/3458/06.

Literatúra

1. Antal, J. (1996): Agrohydrologia. VŠP – Nitra 1996
2. Bárek, V. (2006): Klimatická zmena a závlahy – Študia Slovenskej biloklimatologickej spoločnosti pri SAV, Zvolen 2006, ISBN 80-228-1717-2
3. Bárek V., Klopček A. (1999): Hydromechanics Nitra : SAU, 1999. - 226 p. ISBN 80-7137-643-4
4. Halaj, P. (1996): Determination of potential infiltration rate by field experiments. In: Proceedings of the Workshop No.2 project TEMPUS. Banska Bystrica, SAU, 1996, pp. 22-25.
5. Chlpík, J. – Pospíšil, R. (2004): Plošná charakteristika mechanických a chemických vlastností pôdy na výskumnej báze Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, lokalita Koliňany. In: Acta fytotechnica at zootechnica, roč. 7, č. 1, 2004, str. 6-10, ISSN 1335-258-X
6. Litschmann T. (1991): Virrib®: A soil moisture sensor and its application in agriculture. In: Soil sci. Plant anal., 22 (5&6), 409-418, 1991
7. Majerčák, J. - Novák, V. (1995): GLOBAL – a numerical model for water movement in the soil profile. Research Report, Institute of Hydrology, SAV: Bratislava, 1995
8. Šiška, B. – Čimo, J. (2006): Klimatická charakteristika rokov 2004 a 2005 v Nitre. 1. vyd.. - Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2006. - 50 s., 53 tab. ISBN 80-8069-761-2
9. Šiška, B. – Repa, B. (2003): Klimatická charakteristika roku 2002 v Nitre. SPU: Nitra. 31 s. ISBN 80-8069-219-X

10. Šiška, B. – Repa, B. (2004): Klimatická charakteristika roku 2003 v Nitre. SPU: Nitra. 22 s. ISBN 80-8069-384-6

11. Šútor, J. - Štekauerová, V. – Majerčák, J. (2002): Klimatické zmeny a vodný režim zóny aerácie pôd v nížinných oblastiach Slovenska. In: Acta Hydrologica Slovaca, roč.3, č. 1, 2002 s. 145 –154

12. Štekauerová, V. – Nagy, V. (2003): Hodnotenie vodného režimu zóny aerácie pôdy v lokalitách Žitného ostrova. In: Acta Hydrologica Slovaca, roč.4, č. 1, 2003 s. 65-73

13. Tsuji G.Y. et al. (1994): DSSAT. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1994, ISSN 0883-8631

14. Van Genuchten, M., Th.: A closed –form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Sci. Soc. AM. J., 44, 1980, 987-996.

15. Žalud, Z. (1999): Možnosti využitia modelu CERES-WHEAT. In: Atmosféra 21. Storočia, organizmy a ekosystémy. TU, Zvolen, 1999, s. 226-230.