

Řešení hydrologické bilance pomoravské nivy v úseku Hodonín-Lanžhot modelem WBCM

Solution of the hydrological balance of the Morava River floodplain in the
reach Hodonín to Lanžhot by using WBCM model

Pavel Kovář, Michaela Hrabalíková, Jitka Pešková

*Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 –
Suchdol, 165 21*

Abstrakt

Modelové území pomoravské nivy mezi řekami Moravou a Kyjovkou v úseku Hodonín-Lanžhot, posledních 30 let je sužováno hydrologickými extrémy - povodněmi a suchem. Zvláště sucho ohrožuje cenné lužní lesy. Ovšem na druhé straně povodňové stavy z let 1977, 2002, 2006, 2010 i 2013 zapříčinily značné ekonomické i ekologické ztráty v zemědělském hospodaření. Příspěvek poskytuje porovnání hydrologické bilance vegetačních období (1.4. – 31. 10) suchého roku 2003 a normálního roku 2009 studovaného území s klimatickou stanicí Kostice. Byla zpracována denní data bilance modelového území modelem WBCM-7, jehož parametry byly kalibrovány fluktuací hladiny podzemní vody v kontrolních vrtech ČHMÚ. Účelem této bilance bylo zjistit, do jaké míry srážky v suchém roce 2003 byly deficitní oproti normálnímu roku 2009 při řešení aktuální evapotranspirace, způsobující období sucha.

Klíčová slova: Vodní bilance, bilanční rovnice, hydrologické procesy

Abstract

A study area of Moravian-floodplain is situated between the rivers Morava and Kyjovka in the reach Hodonín to Lanžhot. During the last 30 years it has appeared there a serious problem with a frequent occurrence of hydrological extremes. This paper provides a comparison of the hydrological balance of growing seasons (1. 4. - 31. 10.) in the dry year 2003 as well as in the normal year 2009 on the study area supplied with data from the Kostice climatologic station. The daily data of hydrological balance of the study area were processed by using the WBCM-7 model where input parameters were calibrated by fluctuation of ground water table in the control boreholes of CHMI. The purpose of this study was to assess the extent to which precipitation in the dry year 2003 were deficient in comparison with the normal year 2009 in solving the actual evapotranspiration caused the significant.

Key words: Water balance, balance equation, hydrological processes

Úvod

V minulosti tvořily řeky Moravy a Dyje četné meandry a jarní záplavy z tání sněhu i letní povodně byly přirozenými jevy. Od 30. let až téměř do konce 60. let minulého století docházelo dvakrát až třikrát ročně k povodním o průměrné délce trvání až 40 dnů (Netík, 2012). V roce 1975 byl proto k omezení rozsahu povodní, tj. k rychlejšímu odtoku, zahájen projekt „Komplexní vodohospodářské úpravy jižní Moravy“. Řeka Morava byla narovnána a ohrázována protipovodňovou hrází dimenzovanou na průtok Q_{100} . Rychlejšším odtokem vlivem regulace koryta došlo k poklesu hladiny podzemní vody (Soukalová, 2012). Nejnižší zaklesnutou hodnotu hladiny podzemní vody byl stav 3,50 m pod povrchem terénu v říjnu 1990. V 70. letech byl vybudován kanál Spářavka odvádějící cca $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ chladící vody od Teplárny Hodonín, který je nyní dalším zdrojem vody v systému revitalizace. Tento systém z původních odvodňovacích kanálů s využitím hradicích objektů a stavítek byl přebudován na přivaděče vody korytem Spářavky, která změnila svůj tok a místo do Dyje tak ústí do Moravy. Tím přispívá k zavlaze lesních porostů. V 80.- 90. letech byla tato úprava znovu dokončena již na základě revitalizačních zásad. I když je tento revitalizovaný systém velmi důmyslným zařízením, postrádá centrální řízení (existují různé zájmy různých uživatelů), ale také postrádá regulaci nečekaných transportů sedimentů při zvýšených průtocích v korytě řeky Moravy. Dochází zde jednak dřívější prohrábkou dna koryta při regulačních pracích k posunu těsnících sedimentů, ale podobný negativní efekt vzniká také spontánně poškozením objektů v korytě řeky. Poruchou těchto objektů (jezů, prahů a skluzů) a zvýšením dnového tangenciálního napětí může docházet k transportu sedimentů a úniku vody do propustných štěrkokopískových vrstev říčním dnem.

Vodní režim řeky Moravy je ovlivňován vývojem srážko-odtokových poměrů a stavem vodohospodářských zásahů do krajiny v povodí. Změny způsobené těmito zásahy se obvykle hodnotí vodohospodářskou bilancí, kdy jejím základem je bilance hydrologická. Tato bilance je značně náročná na data hydrologická a klimatická, nezbytná do bilanční rovnice, která jasně definuje vegetační bilanční období (Beven, 2006).

Materiál a metody

Zájmové území pravého pobřežního pásma řeky Moravy v úseku Hodonín – Lanžhot o délce cca 12 km je široké cca 3 km. Jeho celková plocha je tedy $A = 36 \text{ km}^2$ a je napájeno kromě drážek i podpovrchovou vodou z Moravy a Kyjovky. Pro simulaci hydrologických procesů v bilančním smyslu, tj. s časovým krokem $\Delta t > 1$ den se používají bilanční modely. V této

případové studii byl aplikován bilanční model WBCM (Kovář, 1998; Kulhavý, Kovář, 2000; Kovář, Cudlín, Šafař, 2004; Kovář, Vaššová, 2010, Kovář, Kulhavý, Štibinger, 2012).

Jedná se o model deterministický, celistvý a nelineární, s normálním pravděpodobnostním rozložením parametrů po ploše povodí dle reprezentativních měření. Automatická optimalizace řeší 3 nejdůležitější parametry. Časový krok je 1 den, optimalizační krok je 10 dnů (dekáda). Parametry modelu jsou pravděpodobnostně rozděleny po ploše povodí tak, aby byla zachována jejich plošná variabilita. Každý kapacitní element modelu reprezentuje přirozenou zásobu vody v jednotlivých vertikálních hydrologických subsystémech. Model byl navržen pro studium jednotlivých komponent hydrologické bilance v závislosti na změnách hospodářského využití povodí. Simuluje denní bilanční hodnoty ve vegetačním období – kritickém období pro vznik vláhových deficitů – a uvažuje všechny podstatné interakce mezi jednotlivými zónami, tj. vegetační, nenasycenou a nasycenou zónou. Kritéria optimalizace modelu je kolísání hladiny podzemních vod v transektech (úsečky spojující klimatickou stanici a vrty ČHMÚ).

Výsledky

V Tab. 1 je uvedena celková sezónní bilance pro modelovou lokalitu Kostice. Z tabulky je patrné, že i na této lokalitě silně převažoval výpar nad srážkami. Modelový výpočet bilance probíhal v jednodenním kroku, ale protože kritériální hodnoty hladiny podzemních vod byly měřeny v dekadách (tj. po 10 dnech) byl optimalizační proces řešení hodnot parametrů počítán rovněž v dekadách pro roky 2003 (suchý) a 2009 (normální).

Tab. 1: Hydrologická bilance vegetačního období Kostice 2003 a 2009

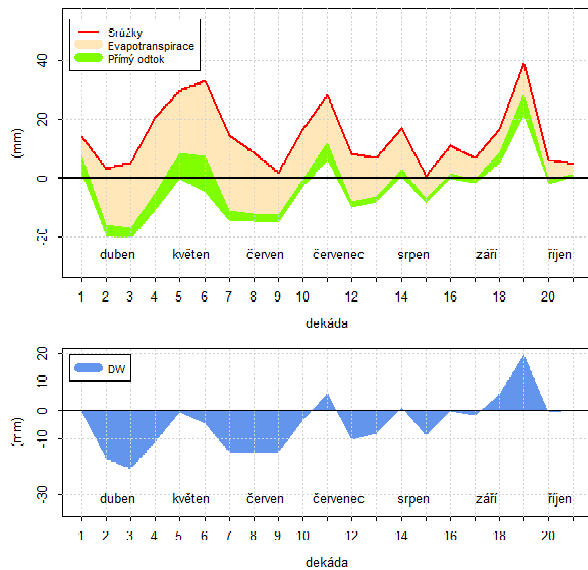
Komponenty hydrologické bilance	Sezónní hodnota 1. 4. – 31. 10. 2003 v mm	Sezónní hodnota 1. 4. – 31. 10. 2009 v mm
Srážka SP	292,8	485,1
Celkový odtok SQ	87,6	191,1
Přímý odtok STF	36,5	112,2
Potenciální evapotranspirace SPE	669,0	646,8
Aktuální evapotranspirace SAE	309,6	395,0
Celková intercepce SAIR	141,2	160,8

Komponenty hydrologické bilance	Sezónní hodnota 1. 4. – 31. 10. 2003 v mm	Sezónní hodnota 1. 4. – 31. 10. 2009 v mm
Infiltrace SRECH	136,3	243,9
Změna půdní vlhkosti ASM	-66,5	-65,9
Změna zásoby podzemní vody SGWR	15,4	42,8
Čistá změna zásoby podzemní vody (odečten základní odtok) SNGWR	-35,7	-36,1

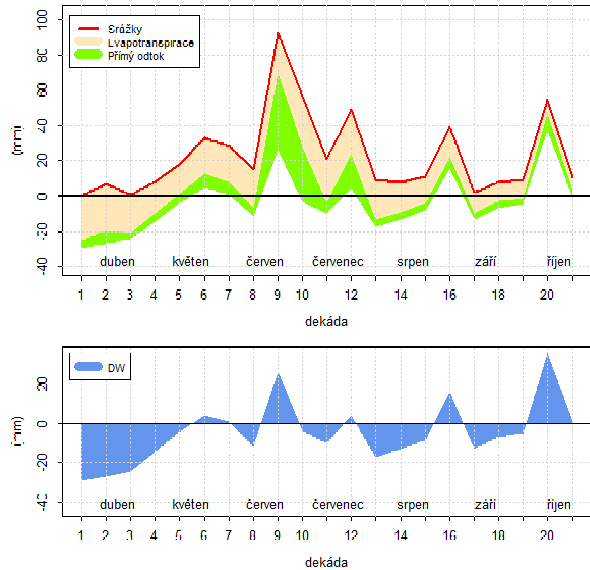
Dekádní výsledky bilance obsahuje graf na Obr. 1, kde svrchní červená čára znázorňuje srážky, pod ní okrová plocha vymezuje velikost skutečné evapotranspirace a zelená odtok. V dolní části grafu je modrou barvou znázorněno kolísání celkové pod povrchové vlhkosti.

Obr. 1: Odečtový graf dekádní sezónní bilance stanice Kostice 2003 (vlevo) a 2009 (vpravo)

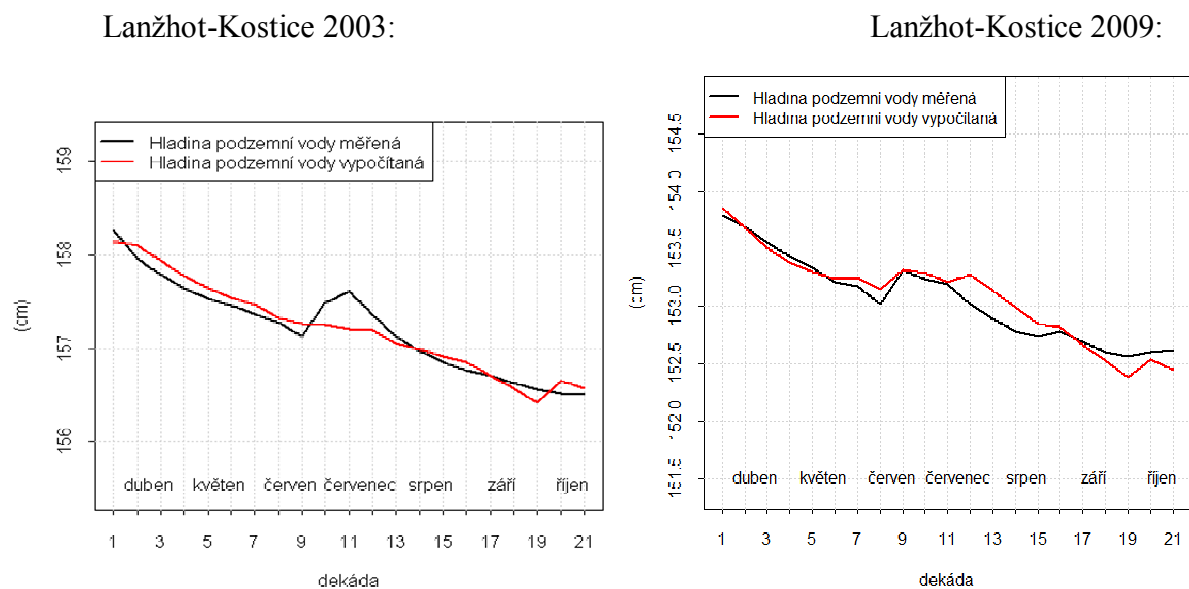
Kostice 2003:



Kostice 2009:



Obr. 2: Kriteriační porovnání měřených (ČHMÚ) a vypočtených (WBCM7) hodnot hladin podzemních vod(v cm pod povrchem terénu),v místě vrtu VB0360, Lanžhot - Kostice 2003 a 2009



Tab. 2: Parametry modelu WBCM-7 pro lokalitu Kostice - vrt ČHMÚ VB0360

Neoptimalizované (měřené) parametry		Optimalizované (automaticky) parametry	
POR [%]	35.0	SMAX [mm]	289.0
FC [%]	45.0	GWM [mm]	592.0
KS [mm·hod ⁻¹]	8.0	BK [dny]	4.1

Tab. 3: Počáteční hodnoty proměnných pro lokalitu Kostice

WUL(o) [mm]	GWT(O) [m]		BF(O) [mm]	WIR(O) [mm]
	2003	2009		
130.00	154.05	153.79	0.10	0.00

Tab. 4: Výsledky kritérií hydrologické bilance

Hodnoty shody měřených a vypočtených kritérií RE a PE			Odchyly měřené a vypočtené bilance (bilanční rovnice)		
	2003	2009		2003	2009
RE [-]	0.92	0.89	DIF [mm]	-2.24	0.95
PE [-]	0	0	DIF [%]	-0.77	0.2

Diskuze

Data pro vodní bilanci na modelových územích pomoravské nivy jsou měřena od roku 2006. Pravidelně jsou měřeny hodnoty srážek, sluneční radiace, délky slunečního svitu, teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru a jsou zpracovány v denních hodnotách. Dále jsou měřeny HPV ve vrtech ČHMÚ, dříve v cca týdenních nebo dekádních krocích, v posledních letech denně. Jsou to především vrty VB0356, VB0240, VB0358 a VB0360.

Prováděny jsou odběry neporušených půdních vzorků (do Kopeckého válečků) a to profilově v hloubkách 10, 30, 60, 90 cm ve třech opakováních. Pozornost byla loni zaměřena na ověření možné roční nebo vegetační dynamiky sledovaných fyzikálních parametrů půd. Pro tuto studii bylo v roce 2013 celkem odebráno 151 neporušených půdních vzorků.

Další požadovaný parametr, nasycená hydraulická vodivost (*KS*) byla měřena dvěma terénními metodami a to jednak jednosondovou metodou (*JSM*) při vysokém stavu hladiny podzemní vody a jednak metodou plněné sondy (*MPS*). Tato měření byla loni provedena na 38 půdních vrtech. Odběr byl proveden v hloubce 15 cm a 60 cm a to pro každou vrstvu ve třech opakováních. Půdní parametry (*FC*, *POR* a *KS*) byly zpracovány do Tab. 2. a použity pro model WBCM-7, jako neoptimalizované parametry.

Výsledkem optimalizačního procesu, kdy kritériem shody měření a výpočtu je nejlepší shoda dekádní fluktuace HPV, obsažené rovněž v Tab. 2. Optimalizované parametry jsou tři: maximální kapacita nenasycené zóny *S_{MAX}* (mm), maximální kapacita aktivní části nasycené zóny (podzemní vody) *G_{WM}* (mm) a parametr transformace základního odtoku *B_K* (den).

Počáteční hodnoty čtyř proměnných, které charakterizují vlhkost vrchní aktivní (kořenové) zóny *W_{UL(O)}* (mm) je odhadnutá ze srážek 30 dnů před začátkem bilance vegetačního období. Hodnota stavu hladiny podzemní vody ve vrtu *G_{WT(O)}* (mm) je buď odečtena anebo stanovena iterací, hodnota základního odtoku *B_{F(O)}* (mm) je odhadnuta a počáteční hodnota intercepce za předchozí den začátku bilance *W_{IR(O)}* (mm) je obvykle nulová. Tyto hodnoty jsou v Tab. 3.

Výsledky kritérií kvality hydrologické bilance jsou vyjádřeny porovnáním měřených a vypočtených výstupních dat, viz Tab. 4. Jejich odchylka *Dif* na modelové lokalitě Kostice 2003 (suchý rok) je $Dif = -2,24$ mm (-0,77%). Obr. 2 ukazuje vizuálně dobrou shodu kritériálních hodnot, kde koeficient determinace $RE = 0,92$ a koeficient variace $PE = 0,00$.

Odchylka měřených a vypočtených dat na modelové lokalitě Kostice 2009 dosahuje minimálních hodnot $Dif = 0,95$ mm (0,20%) a ukazuje také velmi dobrou shodu kritériálních hodnot, kde koeficient determinace $RE = 0,89$ a koeficient variace $PE = 0,00$.

Závěr

Bilanční analýza a porovnání bilance suchého roku 2003 a normálního roku 2009 prokázaly vhodnost použití modelu WBCM, verze 7. Model byl upraven na kritériální požadavek komparace kolísání hladiny podzemních vod měřených a vypočtených namísto dřívějšího systému porovnávání průtoků. Tato úprava modelu se velmi dobře osvědčila, rozdíly mezi hydrologicky suchým a normálním rokem byly jasně prokázány grafy i statistickými kritérii.

Literatura

- Beven, K. J., 2006: Rainfall-Runoff Modelling. The Primer. John Wiley & Sons, LTD. ISBN 978-0-471-98553-2, 360 pp.
- Kovář, P. 1998: Water Balance Modelling on Small Forested Catchments. In: Environment Forest Science, (UFRO konference Proceedings in Kyoto 1998, Kluwer Academic Publisher (editor K. Sassa).
- Kovář, P.; Cudlín., P.; Šafář; 2004: Simulation of Hydrological Balance on Experimental Catchments Vseminka and Drevnice in the Extreme Periods 1992 and 1997. Plant, Soil and Environment. 50, č. 11, s. 478–483.
- Kovář P., Vaššová D., 2010: Impact of Arable Land to Grassland Conversion on the Vegetation-Period Water Balance of Small Agricultural Catchment (Němčický Stream). Soil and Water Research 5, č. 4, s. 128–138
- Kovář, P., Kulhavý, J., Štibinger, J., 2012: Optimalizace vodního režimu na modelovém území pomoravské nivy. Výzkumný projekt NAZV OJ1220033. Výtisk MENDELU a ČZU, 2012, 114 str.
- Kulhavý, Z., Kovář, P. 2000: Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. VÚMOP Praha, ISBN 1211-3972, 123 s.
- Netík, 2012: Personální písemná komunikace, 2013.
- Soukalová E. 2012: Režim podzemní vody v soutokové oblasti Moravy a Dyje. Sborník Vláhové poměry krajiny. Mikulov 2012, str. 147–50.

Poděkování

Autoři příspěvku děkují Národní agentuře zemědělského výzkumu za finanční podporu výzkumného projektu NAZV QJ1220033 Optimalizace vodního režimu na modelovém území pomoravské nivy.

Kontakt:

Prof. Ing. Pavel Kovář, DrSc.

Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

Kamýcká 129, 16521 Praha 620

+42021382148, kovar@fzp.czu.cz