

PROBLEMATIKA VODOHOSPODÁŘSKÉ BILANCE POMORAVSKÉ NIVY V ÚSEKU HODONÍN-LANŽHOT

Water balance issues of the Morava river mead between Hodonin and Lanzhot

Pavel Kovář, Jakub Štibinger, Jitka Pešková

Fakulta životního prostředí ČZU v Praze

Abstrakt

Zájmové území pomoravské nivy situované mezi řekami Moravou a Kyjovkou v úseku Hodonín-Lanžhot trpí v posledních cca 30 letech hydrologickými extrémy, povodněmi a suchem. Zvláště sucha sužuje cenné lužní lesy po regulaci koryta řeky Moravy, provedené v 70. letech. Na druhé straně povodňové stavy z let 1977, 2002, 2006 a 2010, kdy část tohoto území převzala funkci povodňového poldru a její zemědělská produkce v té době v důsledku dlouhodobého zatopení utrpěla značné ztráty. Příspěvek, využívající dostupných dat je soustředěn na vodní bilanci suchých let 1947, 1976 a 2003 a ukazuje roční deficity vody v těchto extrémních letech. Zejména poukazuje na vodní bilanci, kdy koryto Moravy v důsledku jeho narovnání a prohrábky dna působí v době sucha jako dren odvádějící podzemní vodu níže k soutoku s Dyjí. Pokusili jsme se proto kvantifikovat vodohospodářskou bilanci a porovnat její výsledky s již měřeným referenčním rokem 2009.

Abstract

The Morava river mead between two water streams Morava and Kyjovka in the Hodonin-Lanzhot reach suffers for the last 30 years from hydrological extremes – floods and droughts. Long dry periods usually distress a mead forest after the Morava river regulation made in the 1970's. On the other hand, the flood events in 1977, 2002, 2006 and 2010 when the part of Morava basin took over a polder function during floods, its agri-production has decreased significantly. This paper uses available hydrological data and it is focused on water balance dry years 1947, 1976 and 2003 and shows the annual water deficits in that time. Particularly, it refers a poor water balance after 1970's when the Morava channel became much less meandering with a deep-dredged bottom behaving as a drain diverting groundwater flow faster downstream. Therefore, we tried to quantify water balance and to compare the dry years balance with the reference year balance in 2009.

Klíčová slova: Vodní a vodohospodářská bilance, bilanční rovnice, hydrologické procesy.

Úvod

Hydrologické poměry jsou ovládány řekou Moravou, která zcela ovlivňuje režimy podzemní vody. V nivě, v historickém vývoji luhu měnilo koryto svůj směr a místy jsou půdní profily silně vrstevnaté s různou zrnitostí. Klimaticky je oblast řazena do teplé oblasti okrsku A3 – okrsek teplý, mírně suchý, s mírnou zimou. Průměrná roční teplota je 9,5°C. Roční průměr srážek je 533 mm. Maximum srážek bývá v červnu a v červenci. Průměrný počet srážkových dnů se pohybuje kolem 120.

Vodní režim řeky Moravy je ovlivňován přirozeným vývojem srážko-odtokových poměrů a stavem vodohospodářských zásahů a krajiny v povodí. V důsledku rozvoje průmyslu a intenzifikace zemědělství byly přirozené hydrologické poměry v povodí řeky Moravy značně pozměněny. Míra antropogenní intervence na odtokové poměry je v povodí řeky Moravy ovlivněna mnoha faktory. Mohou jimi být klimatické podmínky, nadmořská výška, úrodnost půd, množství sídel a jejich velikost (Hadaš, 2012). Vyvolávají kvantitativní změny v prostorovém i časovém rozdělení prvků vodní bilance povodí a postihují složky evapotranspirace, utváření povrchového a podzemního odtoku. Všechny tyto vlivy způsobují postupné, mnohdy i obtížně postižitelné změny vodního režimu, to znamená, že je porušena jeho homogenita. Obecně platí, že za homogenní lze považovat takovou klimatickou nebo hydrologickou řadu, která zobrazuje pouze přirozené změny prvků, tj. takové změny, které jsou způsobeny pouze změnami počasí a podnebí. Předpokládáme, že změny způsobené jen změnami počasí a podnebí probíhají nad celým územím povodí Moravy. Změny způsobené lidskou činností se obvykle hodnotí vodohospodářskou bilancí v kontextu s dvojnou součtovou čarou (Beven, 2006), přičemž tato bilance je velmi náročná na data hydrologická i vodohospodářská, nezbytná do bilanční rovnice jako důležitého kvantifikačního nástroje.

Materiál a metody

Zájmové území pravého pobřežního pásma řeky Moravy v úseku Hodonín–Lanžhot o délce 12,0 km je široké cca 3,0 km. Jeho celková plocha je tedy $A = 36 \text{ km}^2$ a je napájeno podpovrchovou vodou z Moravy a Kyjovky. Bilanční rovnici tohoto území lze psát (jednotlivé členy jsou vyjádřeny v mm):

$$P + \Delta Q = AE + V_{SV} + (\Delta V_{SP} + \Delta W_M + \Delta W_K) \quad (1)$$

kde P jsou srážky na území, ΔQ potenciální rozdíl mezi přímým (povrchovým) přítokem a odtokem na území ($\Delta Q = Q_{OUT} - Q_{IN}$), který lze využít pro zvýšení dotace, AE aktuální evapotranspirace, V_{SV} odběry pitné vody ze sběrného území Podluží skupinovým vodovodem VAK Hodonín, ΔV_{SP} dotace vody před vstupním profilem řeky Moravy přívodním kanálem chladicí vody z elektrárny Hodonín (zásobující Spářavku), ΔW_M rozdíl mezi přítokem a odtokem podpovrchové vody z Moravy a ΔW_K rozdíl mezi přítokem a odtokem podpovrchové vody z Kyjovky.

Bilance vody pro zájmové území o ploše cca 36 km² je prováděna z důvodu prověření dotačních kapacit zásobování lužního lesa (Tvrdonice–Hrušky) vodou z koryta Spářavky ve špičkové letní sezóně. Pro tato období náročná na závlahové požadavky luhu byly vybrány historicky suché roky 1947, 1976 a 2003. Tyto roky byly posuzovány jednak jako kalendářní a jednak jako jejich vegetační období (1. 4. – 31. 10.). ČHMÚ pob. Brno poskytl z těchto let průměrné měsíční teploty vzduchu ze stanice Strážnice, průměrné úhrny srážek a úhrny výparu z volné vodní hladiny ze stanice Hodonín.

- **Měsíční hodnoty srážek P (mm)** ze stanice Hodonín byly k dispozici a jsou uvedeny v *Tab.1.*, **měsíční teploty T (°C)** v *Tab. 2.*

Tab. 1.: Stanice Hodonín – měsíční úhrny srážek P (mm) ve vybraných letech.

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
1947	10,7	53,1	23,8	27,3	6,3	46,7	74,4	24,1	10,2	5,2	65,4	51,0	398,2
1976	44,1	9,2	6,7	18,7	57,9	37,0	50,8	39,4	65,3	28,0	47,6	47,3	452,0
2003	32,7	5,0	4,7	23,0	48,8	23,4	49,7	27,9	36,4	22,4	30,1	45,4	349,5

Tab. 2.: Stanice Strážnice – průměrné měsíční teploty vzduchu T (°C) ve vybraných letech.

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
1947	-6,8	-5,9	4,5	10,9	16,1	18,7	20,5	18,3	17,8	6,3	5,6	1,7	9,0
1976	0,0	-0,3	1,4	9,5	14,4	17,4	19,7	16,1	13,5	11,1	6,2	0,2	9,1
2003	-2,3	-3,3	3,7	8,6	16,3	20,1	19,4	21,4	14,1	6,3	5,6	0,1	9,2

- Údaje o **aktuální evapotranspiraci AE (mm)** k dispozici nejsou, ale ČHMÚ poskytl data ročních výparů z volné vodní hladiny, které mohou alespoň orientačně ukázat maximální požadavky na vodu v uvedených suchých letech. Roční výpary byly přepočítány podle normy ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže na měsíční údaje uvedené v *Tab. 3.*

Tab. 3.: Průměrné měsíční údaje výparů z vodní hladiny ze stanice Hodonín.

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
1947	10,6	10,6	21,3	31,9	58,5	77,1	95,7	90,4	61,2	37,2	21,3	16,0	531,8
1976	14,1	14,1	28,3	42,4	77,8	102,5	127,2	120,2	81,3	49,5	28,3	21,2	706,9
2003	14,3	14,3	28,5	42,8	78,4	103,4	128,3	121,2	82,0	49,9	28,5	21,4	712,9

- **Odběry pitné vody** V_{SV} ze sběrného území Podluží o velikosti plochy $A_{SV} = 1\,547$ ha jsou uvažovány jako konstantní s čerpáním $I_{SV} = 90\,1 \cdot \text{s}^{-1}$ (*Hydroprojekt Brno, 1990*). V přepočtu konstantního čerpání:

$$V_{SV} = I_{SV} \cdot 86400 \cdot 365 = 2,838240 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ rok}^{-1}$$

což činí ze sběrné plochy 1547 ha:

$$V_{SV} = 183,5 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Pro detailní orientaci nám poskytl VAK Hodonín měsíční údaje čerpání surové pitné vody ze sběrného území Podluží. Průtoky Spářavky v uzávěrovém profilu toku, opouštějícím zájmové území nejsou pozorovány, ale pro potenciální možnosti využití vody z této zásoby při zachování Q_{\min} to není příliš podstatné, ale je možno je využít v dolní trati Moravy.

- **Rozdíl v přímém (povrchovém) odtoku ΔQ je na zájmovém území:**

$$\Delta Q = Q_{OUT} - Q_{IN} \quad (2)$$

což je přírůstek/úbytek povrchové vody, vtékající do části povodí mezi řekami Moravou a Kyjovkou. Tento podíl vyplývá z *Tab. 4*.

Tab. 4.: Hydrologické charakteristiky úseku toku Moravy mezi Hodonínem a Lanžhotem (Kolektiv ČHMÚ, 1970; ČHMÚ, 1967).

Vodoměrný profil	Plocha povodí (km ²)	Průměrný průtok Q_a (m ³ ·s ⁻¹)	Specifický odtok q_a (l·s ⁻¹ ·km ⁻²)	Maximální kulminace (m ³ ·s ⁻¹)	Minimální průtok Q_{355d} (m ³ ·s ⁻¹)
Hodonín	9816,11	61,7	6,25	750	8,62
Lanžhot	9871,60	65,0	6,62	912	9,32

Rozdíl $\Delta Q = Q_{OUT} - Q_{IN} = 65,0 - 61,7 = 3,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Toto nalepšení průtoků se zhruba rovná dotaci EHO do Spářavky (Teplý járek) ΔV_{SP} , takže oba členy bilanční rovnice ΔQ a ΔV_{SP} je možno vzájemně odečíst.

Zásoby podpovrchové vody ΔW_M a ΔW_K jsou v rámcové bilanci obvykle redukovány pouze na vody podzemní, protože dynamika půdní vody se obvykle v průběhu roku vyrovnává. Z toho důvodu je tedy ΔW_M , tj. rozdíl mezi přítokem a odtokem vody z řeky Moravy tvořen podzemními vodami. Řeka Kyjovka přivádí jisté malé přítoky podzemní vody, ale v suchých letech to je jistě zanedbatelné roční množství ΔW_K . Toto množství se dá těžko odhadnout na začátku řešení, proto ho zatím zanedbáváme.

Po provedení regulace řeky Moravy (1969-77) narovnáním a výrazným prohloubením koryta toku, došlo ke značnému poklesu a snížení úrovně hladiny vody v řece a řeka Morava začala

působit jako otevřený drén. Lužní lesy a zemědělské pozemky v zájmovém území Dolnomoravského úvalu v úseku Hodonín – Lanžhot – pravé pobřežní pásmo řeky Moravy jsou velkou většinu času (vyjma jarního tání a povodní) odvodňovány.

Půdní prostředí charakteristické pro zájmovou lokalitu je směrem od povrchu do hloubky více zhutněné, přibývá množství jílovitých a jílovitohlinitých částic, propustnost se snižuje, nasycená hydraulická vodivost K ($m \cdot s^{-1}$) a efektivní drenážní pórovitost P (-) klesá a v hloubkách okolo 1,5 – 1,7 m se blíží k nule.

Horninové prostředí (cca 6,5 m pod terénem ale i hlouběji), ve kterém probíhá odtok podzemních vod směrem k Moravě, tvoří značně propustné říční štěrky a štěrkopísky s vysokou hodnotou transmisivity Tr ($m^2 \cdot s^{-1}$), $Tr > 10^{-4} - 10^{-3}$ (Soukalová, 2012), které přibližně odpovídá hodnota nasycené hydraulické vodivosti $K = 3,75 \cdot 10^{-3} m \cdot s^{-1}$.

Tvar i úroveň hladiny podzemní vody, hodnoty odtoku podzemních vod a nasycená hydraulická vodivost (K) v půdním profilu zůstávají konstantní. Rychlost proudění podzemní vody v nasyceném prostředí je definována *Darcyho zákonem*, který pro ustálené proudění ve formě rovnice kontinuity s okrajovými podmínkami H_1 , H_2 , l , L lze vyjádřit vztahem:

$$Q_o = \frac{K}{2 \cdot L} (H_1^2 - H_2^2) l \quad (3)$$

kde Q_o [$m^3 \cdot s^{-1}$] je celkový odtok podzemních vod ze zájmového území, L [m] je přibližná vzdálenost okolí vrtu „Lanžhot“ od řeky, $L = 2$ km, parametr l (m) reprezentuje délku zájmového území o rozloze cca 36 km² (šířka 3 km x délka 12 km), tj. $l = 12$ km = 12 000 m.

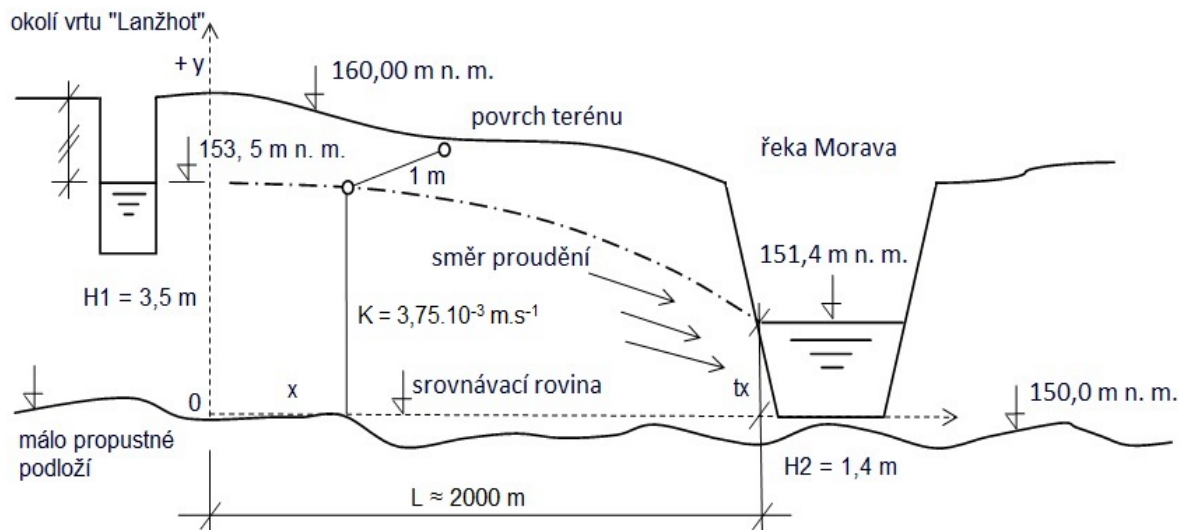
H_1 (m) představuje průměrnou úroveň hladiny podzemní vody v okolí vrtu „Lanžhot“ nad srovnávací rovinou /málo propustné podloží/, H_2 (m) reprezentuje úroveň hladiny vody v Moravě. Schematicky to vyjadřuje Obr. 1 (Kovář, Štibinger et al. 2012).

Po dosazení parametrů a okrajových podmínek do rov.(3) platí:

$$Q_o = \frac{K}{2 \cdot L} (H_1^2 - H_2^2) l = \frac{0,00375}{4000} (3,5^2 - 1,4^2) \cdot 12000 = 0,115 m^3 \cdot s^{-1}$$

S ohledem na výsledky výzkumů ČHMÚ Brno a VÚMOPu Praha-Zbraslav (osobní komunikace) z této oblasti je možné uvažovat rozpětí hodnot Q_o následovně:

$Q_o = 0,058$ až $0,115 m^3 \cdot s^{-1}$, tj. $Q_o = 45,0$ až $100,7$ mm/rok



Obr. 1.: Schéma odtoku podzemní vody v říční nivě Moravy

Výsledky

Účelem příspěvku bylo zjistit, jestli srážky i v suchých letech převyšují aktuální evapotranspiraci AE. Toto však nelze v současné době potvrdit, protože ve výrazně suchých letech 1947, 1976 a 2003 nebyly hodnoty aktuální evapotranspirace k dispozici. Máme pouze údaje ročních výparů z vodní hladiny, které se dají srovnávat maximálně s odhadem skutečného výparu.

Tab. 5. odhaduje rámcovou vodohospodářskou bilanci zkoumaných suchých let jen nepřesně, zejména vzhledem ke skutečnosti, že nejsou k dispozici skutečné hodnoty aktuální evapotranspirace v požadovaných letech.

Tab. 5.: Tabulka odhadu rámcové vodohospodářské bilance suchých let (mm) v zájmovém území Hodonín – Lanžhot.

Rok	Srážka P (mm)	Výpar z vodní hladiny/aktuální výpar PE/AE (mm)	Rozdíl $\Delta Q =$ $Q_{OUT} - Q_{IN}$ (mm)	Odběr pitné vody V_{SV} (mm)	Odtok ze Spářavky ΔV_{SP} (mm)	Podz. voda Morava ΔW_M (mm)
1947	+398	-532/-372	-	-	-	?
1976	+452	-707/-495	+3	-184	-3	?
2003	+349	-713/-499	+3	-150*	-3	-45 až -100
2009	+703	-532/-409**	+3	-150*	-3	-45 až -100

* ... odhad odběru pitné vody

** ... vypočtená aktuální evapotranspirace (z měřených denních dat dle Penmana)

V jednotlivých suchých letech je odhad bilance podle alternované rov. (1) následující:

$$P + \Delta Q = AE + V_{SV} + (\Delta V_{SP} + \Delta W_M) \quad (1 \text{ bis})$$

1947: $398 + 3 = -372 + 0 + 0 + 0$: **+29 mm** (za předpokladu nulové dotace Moravy)

1976: $452 + 3 = -492 - 184 - 3 + 0$: **-227 mm** (za předpokladu nulové dotace Moravy)

2003: $349 + 3 = -499 - 150 - 3 - (45 \text{ až } 100)$: **-345 až -400 mm** (podle hladin podzemní vody)

2009: $703 + 3 = -409 - 150 - 3 - (45 \text{ až } 100)$: **+44 až +99 mm** (podle hladin podzemní vody)

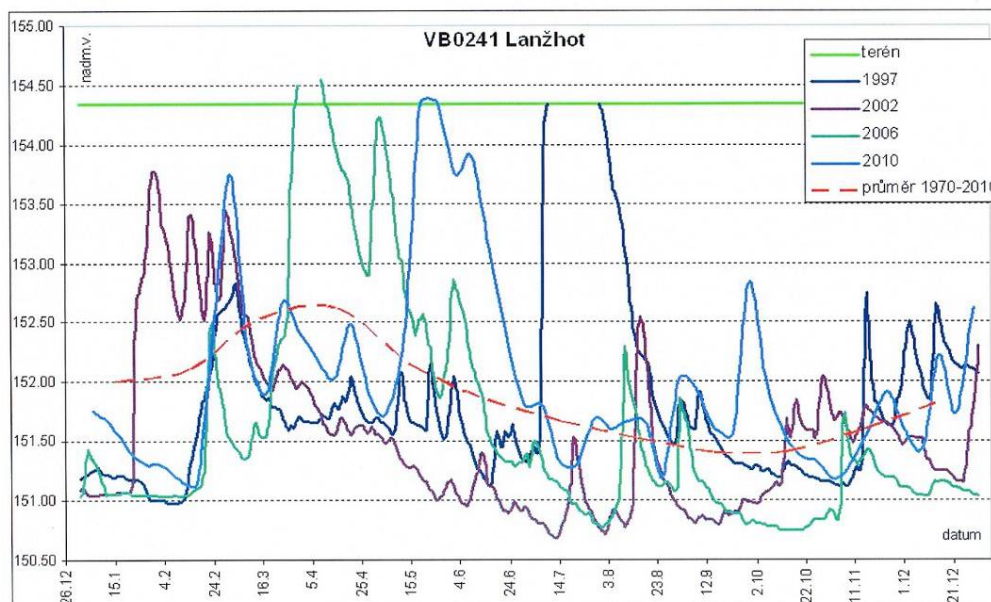
Diskuze

Zjištění, jestli u extrémně suchých let, pro které byly použity pouze rámcové měsíční bilance bez výpočtů aktuální evapotranspirace, není v důsledku chybějících dat úplně průkazné. To bude předmětem dalšího výzkumu, založeného na přesnějších denních datech a implementaci bilančního modelu, jako nástroje uvažujícího jednotlivé komponenty bilanční rovnice v lepším vzájemném kontextu. Vztahy srážek, potenciální a aktuální evapotranspirace s daty hydrologických parametrů a parametrů dynamiky proudění podzemní vody jsou nutnou podmínkou řešení bilance. Tuto podmínku je nutno vzít v úvahu pro zjišťování pravých příčin vysychání půd luhu a problémů hydromorfních orných půd v oblasti pomoravské nivy.

Závěr

Rok 2009 byl vybrán jako rok referenční, i když není charakteristickým suchým rokem, ale spíše průměrným. Jeho výhodou jsou však již měřená denní data. Pro účely řešení rámcové bilance vyšetřovaného území s cílem výpočtu aktuální evapotranspirace za rok 2009 byl však použit matematický bilanční model WBCM-7 (Kovář, 1994; Kulhavý, Kovář, 2000). Tento model vyžaduje denní data srážek, teplot vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, doby slunečního svitu a rychlosti větru pro výpočet územního výparu pro území, pro které jsou tato data charakteristická. Závěrem této analýzy rámcové bilance pravobřežního území pomoravské nivy (Morava – Kyjovka) v úseku Hodonín-Lanžhot je zřejmé, že od doby regulace řeky Moravy prohrábkou dna, působí toto koryto vzhledem k nezanedbatelnému snížení nivelety dna spíše jako odvodňovací recipient, zejména ve vegetační době (duben–říjen). Průměrný trend hydrogramu proudění podzemní vody ve vrtu ČHMÚ VB0241 na Obr. 2. to dobře ilustruje. Nicméně současná sporá hydrologická data zatím neposkytují argumentační materiál požadované kvantity i kvality, aby toto tvrzení bylo přesvědčivé

rozbohem nových měřených dat i simulačními výpočty. To je očekáváno v průběhu dalšího řešení tohoto výzkumného projektu.



Obr. 2.: Hydrogram podzemní vody ve vrtu ČHMÚ VB0241 Lanžhot (Soukalová, 2012).

Literatura

- Hydroprojekt Brno, 1990: Projekt „Skupinový vodovod Podluží - Pásma hygienické ochrany“. Projektant Ing. Vaňková, arch. č. 9751
- Kovář, P., 1994: Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků malých povodí. Doktorská disertační práce (DrSc.), ČZU v Praze
- 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 po malé povodí. VÚMOP Praha, ISBN 1211-3972, 123 str.
- Soukalová, E., 2012: Režim podzemní vody v soutokové oblasti Moravy a Dyje. Sborník Vláhové poměry krajiny. Mikulov 2012, str. 147-150.
- Hadaš, P., 2012: Optimalizace vodního režimu na modelovém území Pomoravské nivy, 2012. Výroční výzkumná zpráva. Výtisk MENDELU a ČZU, Brno, Praha, Hrušky, 2012., 114 str.

- Beven, K. J., 2006: Rainfall-Runoff Modelling. The Primer. John Wiley & Sons, LTD.
ISBN 978-0-471-98553-2, 360 pp.

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