

HYDROLOGICKÁ BILANCE HUMUSOVÉHO PODZOLU V LESNÍM POVODÍ V ORLICKÝCH HORÁCH

HYDROLOGICAL BALANCE OF A HUMIC PODZOL IN A FOREST WATERSHED IN THE ORLICKÉ HORY MTS.

VLADIMÍR ŠVIHLA¹ - VLADIMÍR ČERNOŠOUŠ² - FRANTIŠEK ŠACH²¹Fügnerova 809, Beroun; ²Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Strnady, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The study aims to contribute to knowledge of hydrodynamic processes in a soil profile of mountain-humic podzol under small-pole spruce stand. Method is based on investigation of hydrological balance of 60cm topsoil. Totally 144 tensiometers placed in different depths (15, 30, 45 and 60 cm) were used to measure suction pressure within square plot of 1are area. Behaviour of gravitation water in macropores (hydraulic head of groundwater table) was investigated using a piezometer pipe put into a drill well. Thorough hydropedological investigation was conducted to obtain parameters needed for hydrological balance calculation. The study quantifies regime of hydrodynamic processes in the mountain podzol during growing period 2007 and reveals a dominant influence of rainfall on water flow in an aerated zone of the soil.

Klíčová slova: hydrologická bilance, srážko-odtokový proces, efektivní srážky, celkový odtok, evapotranspirace, retenční kapacita půdy, retence půdní vody

Key words: hydrological balance, rainfall-runoff process, effective rainfall, total runoff, evapotranspiration, soil retention capacity, soil-water retention

ÚVOD

Poznání hydrodynamických procesů v horské lesní půdě má význam jednak pro samotné lesní hospodářství, kterému poskytuje údaje o hospodaření s vodou lesními porosty, jednak pro vodní hospodářství, kterému objasňuje tvorbu a upřesňuje kvantifikaci vodní komponenty na horském území, jež je základním zdrojem vod. Autory práce byla k tomuto úkolu zvolena osvědčená metoda hydrologické bilance. Důvodem je vysoká nehomogenita sledované lesní půdy, vyvolaná zvrstvením půdy, sítí makropórů a vysokou kamenitostí.

Vyhodnocená měření dávají logické výsledky v souladu s dalšími měřeními na experimentálních plochách VÚLHM v Orlických horách (KANTOR 1995). Povodí U Dvou louček má charakter elementární odtokové plochy s porosty smrku (SM) ve věku okolo 15 let se zakmeněním 0,6 v 7. lvs na SLT 7K.

MATERIÁL A METODA

Základem výpočtů hydrologické bilance (dále HB) je režimní měření sacích tlaků podtlakovou sondou fy. Locus České Budějovice. Podtlaková sonda měří sací tlaky 0 – 100 kPa. Pro výpočty byl podtlak v kPa převeden na sací tlak v cm vodního sloupce (1 kPa ≈ 10 cm).

Ze sacích tlaků byly dále odvozeny hydraulické potenciály (geodetický nulový horizont je v hloubce 60 cm) na výstupu z tenzometrického segmentu a z nich a příslušného koeficientu nenasycené hydraulické vodivosti [k(h)] použitím Darcyho teorému toku kapilární vody dolním profilem segmentu. Z retenčních křivek

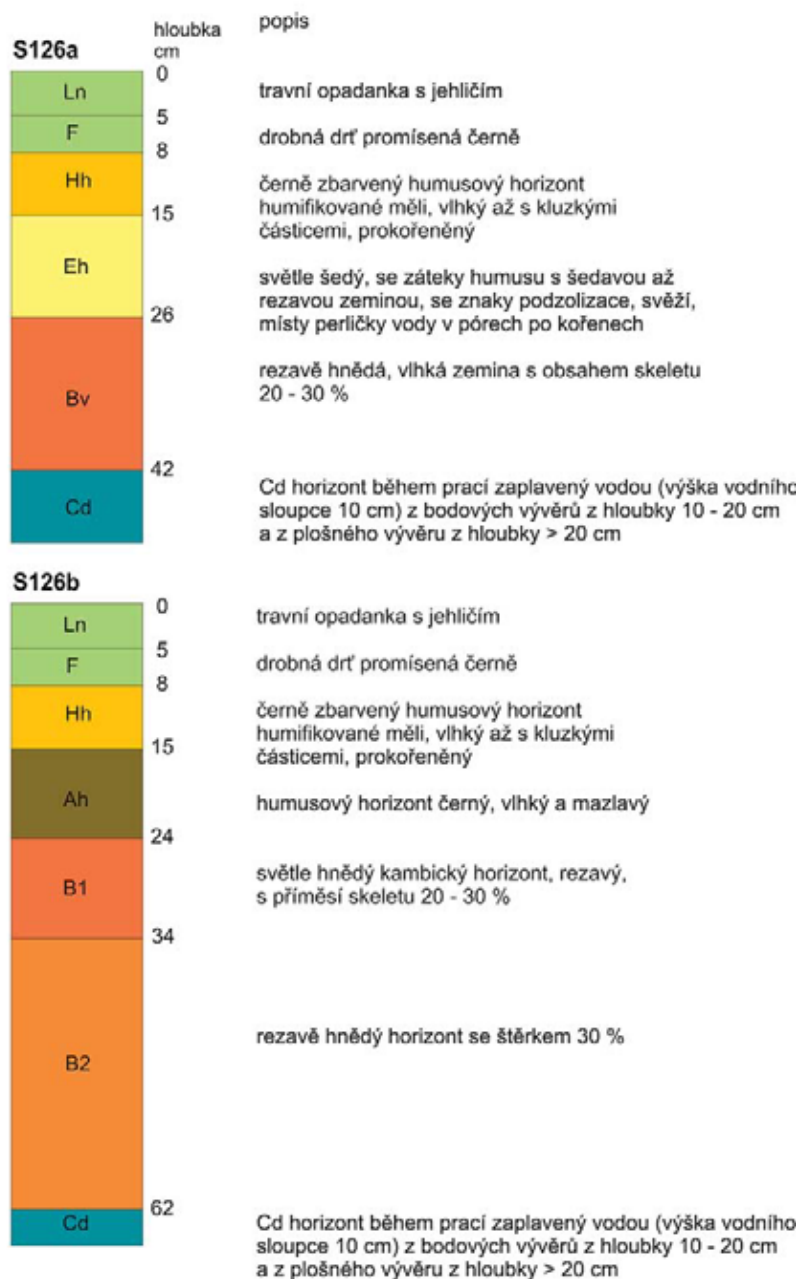
byly odvozeny k sacím tlakům příslušné vlhkosti převedené na mm vodního sloupce. Vodní sloupce tvoří obsah kapilární vody odpovídající vrstvě půdy reprezentované čidlem podtlakové sondy, tj. čidlo č. 1: h = 0 – 22,5 cm, čidlo č. 2: h = 22,51 – 37,5 cm, čidlo č. 3: h = 37,51 – 52,5 cm, čidlo č. 4: h = 52,51 – 60 cm. Mocnost vrstev byla redukována kamenitostí. Výpočty půdní vlhkosti byly stanoveny vždy ve všech 4 vrstvách.

Trubice pro měření podtlaků jsou instalovány s čidly v hloubkách 15, 30, 45, 60 cm pod úrovní terénu na čtvercovém poli 10 x 10 m, kde jsou rozmístěny v pravidelné síti 2 x 2 m. V každé hloubce je umístěno 36 tenzometrů, celkem jich je 4 x 36 = 144 ks. Režimní měření byla v časovém intervalu 6 – 10 dní od 22. května do 17. října 2007, celkem 17 měření v období 148 dní.

Dále byly režimně měřeny ve stejných termínech hydraulické výšky v jehlovém vrtu osazeném uprostřed tenzometrického pole do hloubky 70 cm. Další veličiny potřebné k výpočtu HB byly stanoveny na základě výsledků hydropedologického průzkumu VÚLHM a rozboru odebraných vzorků v Kopeckého válečcích, který provedla hydropedologická laboratoř VÚMOP Praha-Zbraslav. Byly zde stanoveny retenční křivky měřené na přetlakovém přístroji a koeficienty nenasycené hydraulické vodivosti výparnou metodou podle Schindlera na přístroji Ku – pF UGT Muencheberk vyhodnocené Ing. F. Doležalem, CSc., aproximací naměřených dat Van Genuchtenovými rovnicemi v programu RETC verze G.

Popis a náčrt lesní půdy na základě půdní sondy S-126 (Nad cestou) jako humusového podzolu modálního je v obrázcích 1 a 2. Tabulární podklady a detailní grafické podklady výpočtů jsou jen v archivním paré příspěvku pro jejich enormní rozsah (více než 100 stran tabulek a grafů).

Půdní profil tenzometrického pole Nad cestou (sonda S126)



Obr. 1.

Stratigrafie půdního profilu na tenzometrickém poli neovlivněném vysokou hladinou podzemní vody
Stratigraphy of soil profile in tensiometer plot not influenced by high level of groundwater table

Naměřené hydraulické výšky gravitační vody v makropórech v jehlovém vrtu představují výsledek přítoku a odtoku z gravitační zóny lesní půdy, která je tvořena půdními makropóry v 60 cm mocném půdním profilu.

Evapotranspirace E_t SM tyčkoviny byla vypočtena jako neznámá v rovnici HB. Ta má tedy tvar

$$HS(ef) \pm Q(k) - E_t \pm \Delta W(a) \pm \Delta W(g) = 0 \text{ [mm]} \quad (1)$$

$HS(ef)$ – efektivní srážky (podkorunové srážky)

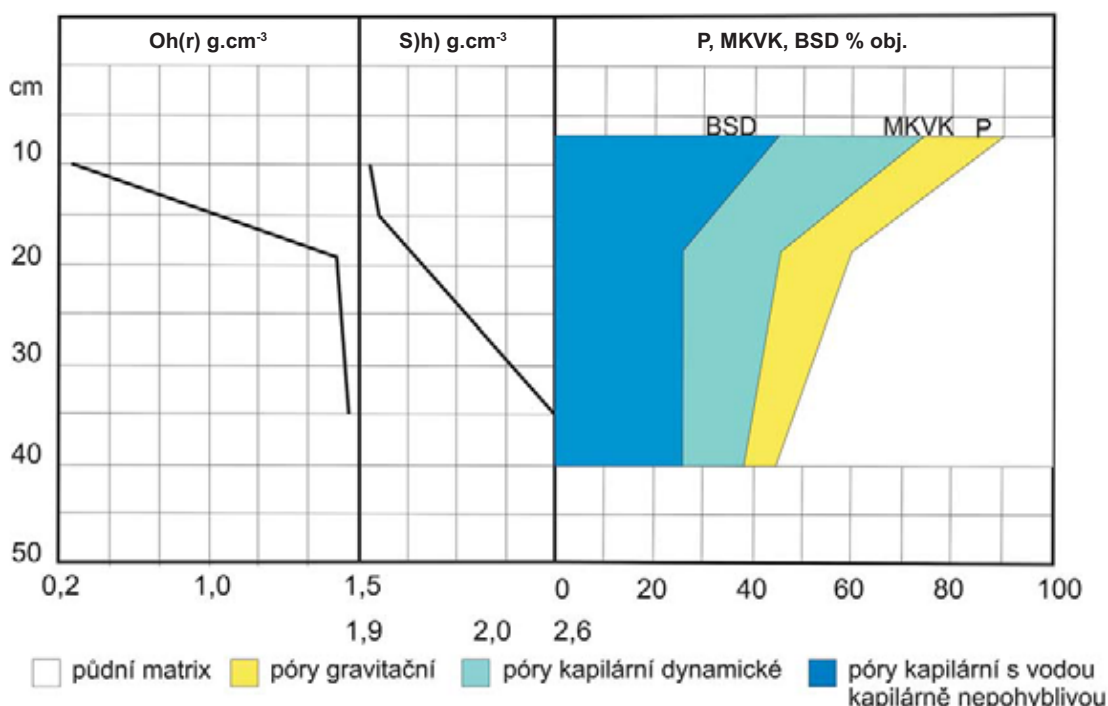
$Q(k)$ – odtok kapilární vody

E_t – evapotranspirace

$\Delta W(a)$, $\Delta W(g)$ – změna obsahu kapilární, resp. gravitační půdní vody

Protože rozdělení gravitační vody na průsak z gravitačních pórů do pórů kapilárních a na odtok gravitační vody z půdního profilu do podloží půdy není známo, vychází model pro stanovení evapotranspirace ze dvou přístupů. V prvním kroku se kalkulu-

Objemová hmotnost redukovaná $Oh(r)$, specifická hmotnost $S(h)$, a pórovitost P , bod snížené dostupnosti BSD a maximální kapilární vodní kapacita MKVK jako funkce hloubky 2 m



Obr. 2.

Vybrané fyzikální vlastnosti a hydrolimity půdního profilu na tenzometrickém poli neovlivněném vysokou hladinou podzemní vody
Representative physical properties and water constants of soil profile in tensiometer plot not influenced by high level of groundwater table

je úbytek gravitační vody z gravitačních pórů jako dotace kapilární zóně půdy, ve druhém kroku jako odtok z měřeného profilu půdy 60 cm hlubokého do podloží půdy. Dostanou se pak dvě hraniční hodnoty pro evapotranspiraci. Maximální možná evapotranspirace se vypočte při první variantě (dotace půdního profilu gravitační vodou), minimální možná evapotranspirace při druhé variantě (úbytek zásoby gravitační vody je roven odtoku do podloží půdy). Hodnota skutečné evapotranspirace je v mezích obou variant řešení.

Hydrologickým modelem s použitím odtoků v závěrečném profilu povodí byla odvozena úhrnná hodnota evapotranspirace 242,8 mm za sledované bilanční vegetační období (denní průměr 1,8 mm), která se blíží průměru z obou variant řešení a je důkazem, že uvedený postup je správný.

Vektorovou analýzou hydraulických potenciálů je spolehlivě identifikován pouze vzestupný nebo sestupný (vertikální) charakter proudění půdní vody v tenzometrickém poli, tj. horizontální přítok cizí vody do tenzometrického segmentu je vyloučen (ŠVIHLA 2008, archivní paré).

Výsledek modelového výpočtu HB je v tabulce 1.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky navrženého modelu výpočtu HB na základě tenzometrických a piezometrických (= hladinoměrných v jehlovém vrtu) měření jsou v tabulce 1 a na obrázku 3. Vlhkosti půdy se v období měření od 22. 5. do 17. 10. 2007 pohybovaly v mezích 72,2 – 89,3 % maximální kapilární vodní kapacity, která je pro půdní profil 60 cm hluboký 248,2 mm, tj. 87,2 % plné vodní kapacity. Šlo o aerační zónu částečně nasycenou, a to nejen vodou kapilární, podchycenou tenzometry, ale i gravitační, podchycenou jehlovým vrtem.

Výsledky hydroopedologického průzkumu i tenzometrických měření jasně ukazují, že půda tenzometrického pole je maximálně heterogenní, různě vertikálně i horizontálně členěná, s četnými makropóry, velmi kamenitá. Jen výsledky několika desítek (v našem případě 144, v 17 termínech, tj. 2 448 sacích tlaků) měření mohou dát srozumitelné a logické závěry o dynamických procesech v heterogenní půdě.

Všechny dynamické procesy v lesní půdě EOP U Dvou louček řídí efektivní ovzdušné srážky infiltrované do půdy. Reakce celkového odtoku z půdy na srážky je jednoznačná: maximum srážek odpovídá maxima odtoků a minima srážek minima odtoků. Jasně se ukazuje období vodné v červenci a září, období středně vodné v květnu a říjnu a období sucha v srpnu. V období vlhka evapotranspirace reaguje silně na srážky, v období sucha je dotována z půdní vlhkosti (VIII, IX.). Vysoká srážka 78,1 mm na začát-

Tab. 1.

Hydrologická bilance [mm] na tenzometrickém poli neovlivněném vysokou hladinou podzemní vody („Nad cestou“) v povodí U Dvou louček v roce 2007

Hydrological balance [mm] in tensiometer plot not influenced by high level of groundwater table (“Above Road”) on the “U Dvou louček” catchment in the year 2007

Datum/Date	Varianta s dotací gravitační vodou/ Variant with gravitational water input				Varianta bez dotace gravitační vodou/ Variant without gravitational water input				
	HS(ef)	Q(k)	$\Delta W(a)$	$\Delta W(g)$	Et	E(1)	$\Delta W(g)'$	Et'	E(1)
			mm			mm.den ⁻¹	mm		mm.den ⁻¹
22. 5. – 31. 5.	8,0	-0,9	2,9	4,8	-14,8	1,5		-10,0	1,1
31. 5. – 6. 6.	36,1	-1,0	-15,7	-13,8	-5,6	0,8	-13,8	-5,6	0,8
6. 6. – 14. 6.	1,4	-5,5	15,8	13,8	-25,5	2,8		-11,7	1,3
14. 6. – 21. 6.	5,0	-2,2	13,2		-16,0	2,0		-16,0	2,0
21. 6. – 27. 6.	36,4	-3,3	-19,7	-3,0	-10,4	1,5	-3,0	-10,4	1,5
27. 6. – 3. 7.	25,2	-12,3	-8,4	3,0	-7,5	1,1		-4,5	0,6
3. 7. – 19. 7.	90,3	-34,4	-0,3	-14,4	-41,2	2,4	-14,4	-41,2	2,4
19. 7. – 25. 7.	0,8	-8,5	10,5	14,4	-17,2	2,5		-2,8	0,4
25. 7. – 8. 8.	7,7	-10,2	22,0		-19,5	1,2		-19,5	1,2
8. 8. – 15. 8.	18,0	-1,9	-9,2		-6,9	1,0		-6,9	1,0
15. 8. – 22. 8.	21,3	-3,7	-8,1		-9,5	1,2		-9,5	1,2
22. 8. – 29. 8.	0,0	-1,4	23,0		-21,6	2,7		-21,6	2,7
29. 8. – 7. 9.	78,1	2,6	-42,2	-32,4	-6,1	0,6	-32,4	-6,1	0,6
7. 9. – 25. 9.	45,4	-42,0	16,1	32,4	-51,9	2,6		-19,5	1,1
25. 9. – 2. 10.	42,2	-2,5	-10,1	-15,0	-14,6	1,8	-15,0	-14,6	1,8
2. 10. – 10. 10.	15,3	-3,3	0,1	2,4	-14,5	1,6		-12,1	1,3
10. 10. – 17. 10.	1,6	-2,6	1,6	9,6	-10,2	1,3		-0,6	0,1
(140 dní) Σ	432,8	-133,1	-8,5	1,8	-293,0	2,1	-78,6	-212,6	σ 1,5
HS(ef)	-		srážky podkorunové/throughfall precipitation						
Q(k)	-		odtok, resp. přítok kapilární vody/outflow or inflow of capillary water						
$\Delta W(a)$	-		přírůstek resp. úbytek zásoby kapilární vody/increase or decrease of capillary water storage						
$\Delta W(g)$	-		přírůstek resp. úbytek zásoby gravitační vody/increase or decrease of gravitational water storage						
Et	-		úhrn evapotranspirace/total evapotranspiration						
E(1)	-		denní hodnota evapotranspirace/daily values of evapotranspiration						

ku září však dotuje již jen odtok a půdní vlhkost, evapotranspirace klesá vlivem ubývajícími teplot vzduchu a slunečního záření. Cykly vlhka a sucha jsou z obrázku 3 jasně patrné, odvíjejí logické závislosti a dokazují tak použitelnost navrženého modelu.

Korelační analýzou byla s vysokou pravděpodobností dokázána závislost celkového odtoku, evapotranspirace a pohybu zásob vody v tělese půdního segmentu (dotace evapotranspirace a odtoku z půdních zásob) na efektivních srážkách. S růstem efektivních srážek rostou i evapotranspirace a odtok z půdy. Naopak s růstem srážek klesá dotace ze zásoby vody z půdy tělesa segmentu. Efektivní srážky s vysokou spolehlivostí ovládají parametry HB. To však znamená, že prostřednictvím efektivních srážek jsou vzájemně svázány evapotranspirace, odtok a změny zásob vody v půdě. Tuto skutečnost potvrzuje i obrázek 3. Podrobné výpočty obsahuje pro velký rozsah jen archivní paré stati.

Velikost stanovené evapotranspirace pro SM tyčkovinu 0,7 – 2,7 mm.den⁻¹ s průměrem 1,8 mm.den⁻¹ odpovídá reálně dosažitelným hodnotám na srovnatelném objektu Deštná stráž v Orlických horách (KANTOR 1995). Z celkových ovzdušných srážek volné plochy 564,5 mm za bilanční období od 22. 5. – 17. 10. 2007 podkorunové srážky představují 432,8 mm (76,7 %) a intercepce 131,7 mm (23,3 %).

Úhrn infiltrace srážek byl u obou variant řešení 432,8 mm. V první variantě dotace srážko-odtokového procesu vodou byla 428,7 mm (99 % infiltrovaných srážek), do spodních vrstev půdy oteklo 135,7 mm (31,3 % srážek), 293 mm bylo spotřebováno na evapotranspiraci (67,7 % efektivních srážek) a 4,1 mm (1 %) představuje dotaci kapilární zóně. Ve druhé variantě dotace srážko-odtokového procesu vodou byla 426,9 mm (98,6 % efektivní srážky), do spodních vrstev půdy oteklo 214,3 mm

(49,5 % srážek), evapotranspirací bylo spotřebováno 212,6 mm (49,1 % efektivních srážek) a 5,9 mm (1,4 % srážky) představuje dotaci vody kapilární zóně.

Hodnoty evapotranspirace SM tyčkoviny jsou srovnatelné s běžnou literaturou (SKATULA 1960). Na Deštné stráni v Orlických horách ve SM kmenovině byla naměřena průměrná evapotranspirace 221 – 258 mm (KANTOR 1995, KANTOR et al. 2007). Rozdíl je možno vysvětlit jinými porostními podmínkami, různým průběhem počasí i různou nadmořskou výškou a v neposlední řadě i různými použitými metodami stanovení evapotranspirace.

Průměr celkového odtoku z obou kroků řešení na tenzometrickém poli je 172 mm za období 22. 5. – 17. 9. V závěrečném profilu povodí U Dvou louček za stejné období činí naměřený odtok 169 mm. Je zřejmé, že tenzometrické pole „Nad cestou“ dává hodnoty celkového odtoku, získané hydrologickým přístupem, srovnatelné s naměřenými hodnotami v závěru povodí.

Parametry vodního režimu lesní půdy obsahuje tabulka 2. V roce 2007 byla naměřena maximální skutečná celková retence půdní vody [Rsk(c)] v hodnotě 74,6 mm, tj. 56,1 % retenční kapacity celkové [RK(c)] lesní půdy při srážce 78,1 mm. Potenciální retence činí 62,9 – 105,1 mm, tj. 47,3 – 79,0 % celkové retenční kapacity lesní půdy (mohla by být naplněna při koincidenci velkých srážek a maximálně, resp. minimálně dosažené vlhkosti půdy). To znamená, že v roce 2007 lesní půda U Dvou louček při suchém půdním profilu zasaženém cca 100mm srážkou intenzity

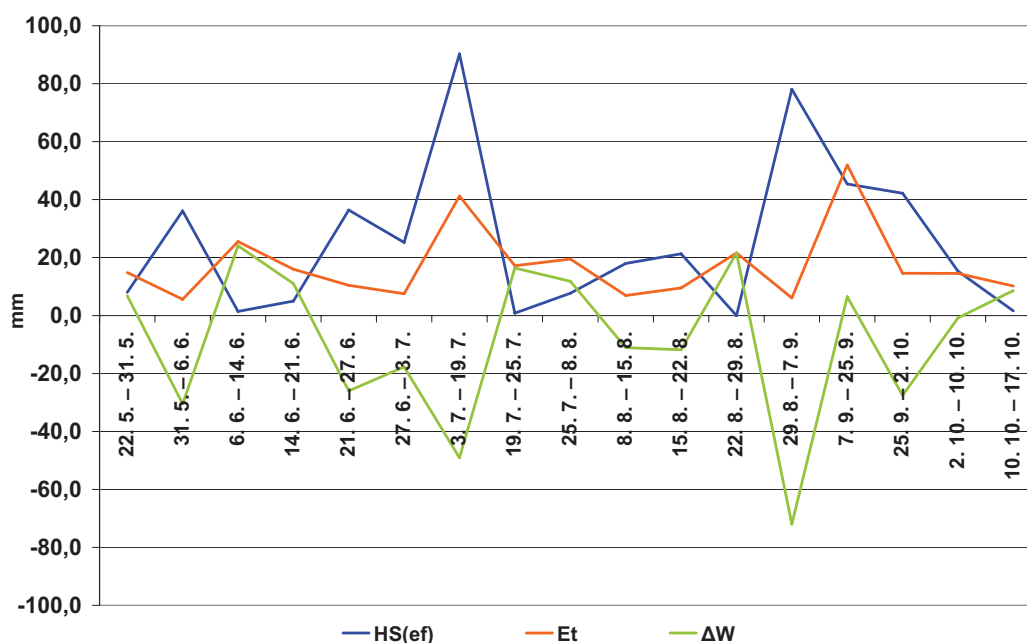
1 mm.min⁻¹ by mohla ztlumit více než 100letou ovzdušnou srážku. Mimořádný význam hydrologické role mělkých horských lesních půd pro retenci srážek a modifikaci svahového odtoku potvrzují obdobné výzkumy z povodí Uhlířská v Jizerských horách (ŠANDA et al. 2009).

Při použití zjednodušeného modelu hydrogramu velkých vod (NĚMEC 1965, ČERKAŠIN 1963) a definování součinitele snížení velkých vod

$$o = 1 - \frac{Rsk(c)}{\varepsilon \cdot HS(ef)} = 1 - \frac{74,6}{78,1} = 1 - 0,96 = 0,04, \quad (2)$$

kde je ε – rozdíl naměřených a modelem vypočtených parametrů, pak pro náš případ ovzdušné srážky 78,1 mm snížila maximální skutečná retence 74,6 mm kulminaci velké vody o 96 %.

Z předložených výsledků je patrné, že vodní režim na včas smrkem zalesněné imisní holině je z hydrologického hlediska plně funkční a že v žádném případě nedošlo k destrukci půdní struktury, i když jde o porost smrku minimálně ve druhé generaci. K podobnému závěru došel KANTOR (1995, 2007).



Obr. 3.

Hydrologická bilance tenzometrického pole neovlivněného vysokou hladinou podzemní vody (Nad cestou) v povodí U Dvou louček v roce 2007

Hydrological balance in tensiometer plot not influenced by high level of groundwater table (“Above Road”) on the “U Dvou louček” catchment in the year 2007 (HS(ef) – throughfall precipitation, Et – evapotranspiration, ΔW – increase or decrease of soil water storage)

Tab. 2.

Parametry vodního režimu lesní půdy (humusového podzolu) u tenzometrického pole neovlivněného vysokou hladinou podzemní vody („Nad cestou“) v povodí U Dvou louček

Water regime parameters of forest soil (humic podzol) near tensiometer plot not influenced by high level of groundwater table (“Above Road”) on the “U Dvou louček” catchment

Hydrolimity/Soil water constant	Plná/FullVK	MKVK	BSD	RK(d)	RK(st)	RK(c)
mm	284,5	248,2	151,5	36,3	96,7	133,0
Dynamika vlhkosti/ Soil water content dynamics	Rok/Year 2007			Rsk(d)	Rsk(st)	Rsk(c)
				32,4 mm	42,2 mm	74,6 mm
	Procento retenční kapacity potenciální/ Percentage of potential retention water capacity			89,2 %	43,6 %	56,1 %
VK	-	vodní kapacita/water capacity				
MKVK	-	maximální kapilární vodní kapacita podle Nováka/maximum capillary capacity				
BSD	-	bod snížené dostupnosti – vlhkost při pF = 2,8/point of decreased availability				
RK(d), RK(st), RK(c)	-	retenční kapacita dynamická, resp. statická, resp. celková/retention water capacity respectively dynamic, static, total				
Rsk(d), Rsk(st), Rsk(c)	-	retence skutečná dynamická, resp. statická, resp. celková/real water retention respectively dynamic, static, total				

POUŽITÉ SYMBOLY/USED SYMBOLS

EOP	-	elementární odtoková plocha/elementary runoff plot
HB	-	hydrologická bilance/hydrological balance
k(h)	-	koeficient nenasycené hydraulické vodivosti – mm.den ⁻¹ /coefficient of unsaturated hydraulic conductivity – mm per day
W(a)	-	obsah kapilární vody v aerační zóně půdy/capillary water content in aeration zone of soil
Et	-	evapotranspirace smrkové tyčkoviny/evapotranspiration of small-pole spruce stand
Q(k)	-	odtok kapilární vody ze segmentu půdy/outflow of capillary water from soil segment
HS(ef)	-	efektivní = podkorunové srážky/effective = rainfall under canopy
W(g)	-	obsah gravitační vody v půdě v makropórech/gravitational water content in soil macropores
Et(P)	-	evapotranspirace potenciální/potential evapotranspiration
SLT	-	soubor lesních typů/forest site type complex
Lvs	-	lesní vegetační stupeň/forest vegetation altitudinal zone
Q(c)	-	odtok kapilární a gravitační vody z půdního segmentu/outflow of capillary and gravitational water from soil segment

ZÁVĚRY

- 1) Srážkoodtokový proces na půdě humusového podzolu modálního na SLT 7K, sledovaný na tenzometrickém poli 10 x 10 m 144 tenzometry ve čtyřech hloubkách ve vegetačním období roku 2007 na povodí U Dvou louček v Orlických horách a vyhodnocený metodou hydrologické bilance, prokázal:
 - a) proměnné veličiny HB, tj. evapotranspiraci, odtok z půdního profilu a změny zásob půdní vody gravitační i kapilární ovládá režim efektivních srážek (srážek podkorunových);
 - b) v obdobích sucha je Et dotována ze zásob půdní vody, v období vlhka reaguje silně na srážky; s růstem HS(ef) roste i celkový odtok z půdy a naopak klesá dotace Et ze zásob půdní vláhy;
 - c) metoda HB umožnila kvantifikaci režimu Et; vypočtené hodnoty Et se střední hodnotou 1,8 mm.den⁻¹ a rozpětím 0,7 – 2,7 mm.den⁻¹ odpovídají obvyklým hodnotám dosahovaným ve srovnatelných podmínkách;
 - d) střední specifický odtok z tenzometrického pole za bilanční období 22. 5. – 17. 10. 2007 je srovnatelný s průměrným specifickým odtokem v závěrečném profilu;
 - e) výsledná změna zásob půdní vláhy za vegetační období je -8,5 mm (1,5 % srážek volné plochy) s rozpětím -42,2 ≤ ΔW(a) ≤ 23,0 mm; při globálních výpočtech za vegetační období ji lze zanedbat (podobně KANTOR 1995).
- 2) Výsledky výzkumu srážkoodtokového režimu lesní půdy HB na elementární tenzometrické ploše 10 x 10 m potvrdily:
 - a) logiku celého procesu a tím i správnost použité metody vyhodnocení;
 - b) správnost metod i způsobu experimentálních měření sacích tlaků a hydraulických výšek na tenzometrické ploše „Nad cestou“ na EOP U Dvou louček;
 - c) funkci lesní půdy jako podzemní vodní nádrže;
 - d) vysokou retenci vody lesní půdou, která má jasný vyrovnávací dopad na tvorbu odtoku z povodí U Dvou louček v Orlických horách; v roce 2007 byla naměřena maximální skutečná celková retence půdní vody v hodnotě 74,6 mm, tj. 56,1 % retenční kapacity celkové lesní půdy při srážce 78,1 mm a snížila kulminaci velké vody o 96 %.
 - e) Smrkové porosty na imisní holině vzniklé po smrkovém porostu neprokazují negativní vliv na tvorbu srážkoodtokového procesu.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou výzkumného záměru MZe ČR č. MZE0002070203, výzkumného projektu NAZV č. QH92073.

LITERATURA

- ČERKAŠIN A. 1963. Hydrologická příručka. Praha, Hydrometeorologický ústav: 223 s.
- ČERNOŠOUŠ V., ŠACH F. 2007. Měření a hodnocení složek srážkoodtokového režimu sledovaných na stacionáru U Dvou louček v hydrologickém roce 2007 ve vztahu k odvodňovacímu zásahu. In: Kantor P. et al. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV IG57016. Brno, MZLU-LDF, Opočno, VÚLHM-VS: 44-62.
- KANTOR P. 1995. Vodní režim smrkových a bukových porostů jako podklad pro návrh druhové skladby vodohospodářský významných středohorských lesů. Habilitační práce. Brno, MZLU-LDF: 327 s. + přílohy
- KANTOR P., ŠACH F., ČERNOŠOUŠ V., KARL Z. 2007. Srážkoodtokové poměry horských lesů a jejich možnosti při zmírňování extrémních situací – povodní a sucha. Projekt NAZV IG57016. Brno, MZLU, Opočno, VÚLHM-VS: 62 s.
- NĚMEC J. 1965. Hydrologie. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 237 s.
- SKATULA L. 1960. Hrazení bystřin a strží. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 422 s.
- ŠANDA M., KULASOVÁ A., ČISLEROVÁ M. 2009. Hydrological processes in the subsurface investigated by water isotopes and silica. Soil and Water Research, 4 (Special Issue 2): S83-S92.
- ŠVIHLA V. 2008. Vektorová analýza tenzometrických měření v povodí U Dvou louček. Rukopis. Opočno, Výzkumná stanice: 100 s.

HYDROLOGICAL BALANCE OF A HUMIC PODZOL IN A FOREST WATERSHED IN THE ORLICKÉ HORY MTS.

SUMMARY

Identification of hydrodynamic processes in a mountain forest soil (humic podzol) is of great importance both for forestry providing it with information on water in forest stands and for water management revealing source of water component including its quantification in mountainous area. To solve the problem, authors have chosen a well-known method of hydrological balance (HB). The method is based on measuring suction (negative) pressure in the tensiometers using an underpressure probe (measurement rate 0 - 100 kPa). The negative pressure in kPa was converted into height of water column (hydraulic head in cm - 1 kPa \approx 10 cm) corresponding to a given pressure.

The tensiometers are placed in depths of 15, 30, 45 and 60 cm beneath the surface within square plot (1 are) being spaced regularly 2 by 2 meters. There are 36 tensiometers fixed at each depth, totally 144 pieces. Hydraulic heads were also measured by piezometer pipe in drill well (to depth of 70 cm) placed in the middle of the plot. The measurement was repeated every 6 - 10 days between the 22nd May and the 17th October 2007, i. e. 17 times per 148 days. The other parameters needed to calculate HB were obtained after hydrogeological survey and analysis of samples taken. Both retention curves and coefficients of unsaturated hydraulic conductivity were defined.

The investigation of rainfall-runoff process in humic podzol using hydrological balance method showed that:

- a) The HB method quantified regime of evapotranspiration [Et]. The calculated Et having mean value 1.8 mm per day and range 0.7 - 2.7 mm per day reflects usual values reported from comparable conditions.
- b) Mean specific runoff from tensiometric plot was during period between the 22nd May and the 17th October 2007 corresponds to local mountain runoff conditions.
- c) Real maximal retention of water in soil was totally 74.6 mm, i. e. 56.1% of total retention capacity of forest soil.
- d) Real maximal retention value of 74.6 mm during rainfall event amounting 78.1 mm decreased discharge peak by 96%.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. František Šach, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: sach@vulhmop.cz