VPLYV SKELETNATOSTI LESNEJ HORSKEJ PÔDY NA JEJ RETENČNÚ KAPACITU

Hana Hlaváčiková, Viliam Novák

Abstrakt: Skeletnaté pôdy obsahujú okrem jemnozeme (minerálnych častíc menších ako 2 mm) aj skelet (štrk, kamene alebo balvany). Skeletnaté pôdy tvoria väčšinu lesných pôd a takmer polovicu poľnohospodárskych pôd na Slovensku. Spôsob, akým sa v týchto pôdach transformujú zrážky na odtok, nie je dostatočne známy. Príspevok hodnotí vplyv vysokej skeletnatosti pôdy v horskom povodí Jaloveckého potoka na retenciu vody v pôde. Z výsledkov modelovania dynamiky vody v skeletnatej pôde vyplynulo, že celková zásoba vody v skeletnatom pôdnom profile môže byť o 16 – 31% menšia, ako by bola v tej istej pôde bez skeletu.

Kľúčové slová: skeletnaté pôdy, zásoba vody, odtok, modelovanie.

Abstract: Stony soils contain fine soil particles (mineral particles less than 2 mm in diameter) and skeleton (gravel, stones and boulders) as well. Majority of forest soils over Slovakia are stony soils and around half of agricultural soils can be declared as stony soils. The influence of skeleton on the outflow formation is not known until now. The influence of soil cover with high stoniness in forested mountain catchment of the Jalovecký Creek on the soil water retention is evaluated in this contribution. From the soil water dynamic modelling resulted that the total water storage can be less by 16 – 31% in the stony soil than it would be in the same soil without skeleton.

Key words: stony soils, water storage, outflow, modelling.

Úvod

Retenčná kapacita pôdy (resp. jej rastlinami využiteľná časť) a následne zásoba vody v pôde sa určuje predovšetkým pri hodnotení vlhkostných pomerov poľnohospodárskych, ale aj lesných pôd s ohľadom na vlahové potreby porastu. Má však význam aj pri hodnotení tvorby odtoku z povodia, t.j. ciest a času, počas ktorého sa voda vstupujúca do povodia vo forme dažďa alebo snehu dostáva do riečnej siete. Retenčná vodná kapacita pôdy zodpovedá takému maximálnemu množstvu vody, ktoré môže pôda udržať dlhší čas. Stanovuje sa v poľných podmienkach a nazýva sa poľná vodná kapacita. Ide o vlhkosť pôdy, ktorá zodpovedá stavu, kedy všetka voda z makropórov už odtiekla a voda je viazaná prevažne kapilárnymi silami. Takto definovaná retenčná kapacita pôdy nie je totožná s retenciou povodia, o ktorej sa najmä v posledných rokoch často diskutovalo, t.j. s množstvom vody ktoré môže povodie zadržať, kým vznikne povodeň.

Zásoba vody, t.j. kvantitatívne vyjadrenie obsahu vody v definovanej vrstve pôdy, sa určuje z retenčných vlastností jemnozeme a z výsledkov meraní vlhkosti pôdy. Potenciálna (maximálna) zásoba vody v pôde bez skeletu sa určuje z vlhkostnej retenčnej krivky (VRK) a z hydrolimitov, t.j. charakteristických bodov VRK (Šútor et al, 2014). Ako uvádzajú Scherrer a Naef (2003), nielen retenčné vlastnosti pôdy (jemnozeme), ale aj prítomnosť systému efektívnych makropórov a ich interakcia s pôdnou matricou určujú, aké množstvo vody je pôda schopná zadržať. Hustý makropórový systém v priepustnej pôdnej matrici zvyšuje interakciu medzi preferenčnými cestami a pôdnou matricou. Voda sa distribuuje v celej vrstve pôdy a využíva sa jej plná retenčná kapacita. Naopak, ak je pôdna matrica málo priepustná, obklopená makropórmi, potom tok vody z makropórov do pôdnej matrice je limitovaný, a retenčná kapacita pôdneho profilu nemôže byť plne využitá.

Zásoba vody v pôde vyjadruje kvantitatívne množstvo vody nachádzajúce sa v pôde s konkrétnou mocnosťou vrstvy pôdy. Vyjadruje sa v mm (alebo v cm) ako výška vrstvy vody na ploche 1 m^2 pre vrstvu pôdy s danou mocnosťou. Súčet zásob vody v jednotlivých vrstvách pôdy je celkovou zásobou vody

v pôdnom profile. Výpočet zásoby vody vychádza z poznania priebehu objemových vlhkostí pôdy v jednotlivých hĺbkach pôdneho profilu (vychádzajúc z údajov z monitoringu alebo z modelovania). V tomto príspevku sme vychádzali z údajov z modelovania, pretože údaje z monitoringu predovšetkým vo vrstve pôdy so strednou až vysokou skeletnatosťou sme nemali k dispozícii (kvôli problematickému osadeniu meracieho zariadenia a interpretácii meraných údajov).
V lesných horských pôdach sa okrem pôdnej matrice (jemnozeme) a systému makropórov nachádza aj veľké množstvo skeletu (štrk, kamene a balvany). Skelet v porovnaní s jemnozemou dokáže zadržať len malé množstvo vody (okrem skeletu s vysokou pórovitosťou napr. sopečného pôvodu). Skelet svojou prítomnosťou v pôde redukuje objem jemnozeme, čím znižuje celkovú retenciu pôdneho profilu.

Malé zalesnené horské povodia patria medzi zdrojové oblasti vody, v ktorých sa prvotne formuje odtok. Voda z nich odteká riečnou sieťou a transformuje sa ďalej v korytách tokov. O rôznych mechanizmoch formovania odtoku v zdrojových oblastiach je k dispozícii množstvo informácií (Bonell, 1993; Scherrer a Naef, 2003; Humann et al., 2011; Holko, 2010). Vplyv skeletu ako prirodzenej súčasti horskej pôdy na zásobu vody, bilanciu vody v pôde a tvorbu odtoku je doposiaľ málo preskúmaný.

Cieľom tohto príspevku je kvantitatívne určenie vplyvu skeletu v pôde na lokalite Červenec v Západných Tatrách na maximálnu retenčnú kapacitu a zásobu vody v pôde.

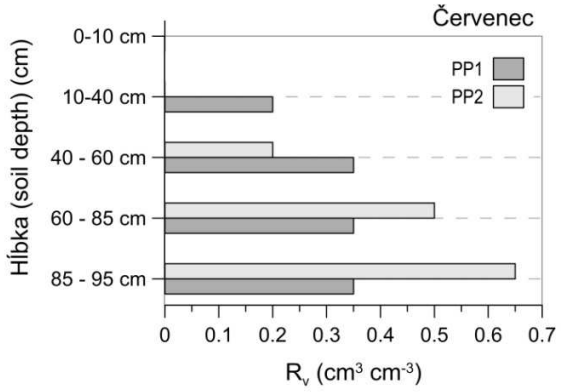
Záujmové územie

Záujmová lokalita Červenec (1420 m n.m.) sa nachádza vo vysokohorskej časti povodia Jaloveckého potoka v Západných Tatrách. Meranie hydrofyzikálnych charakteristík skeletnatej pôdy prebiehalo v povodí Jaloveckého potoka vo vegetačnom období rokov 2012 a 2013 (infiltračná kapacita pôdy bola meraná aj v roku 2015). Pôda na lokalite Červenec je plytká (do hĺbky 95 cm), pôdny typ je klasifikovaný ako kambizem, sklon svahu je 24 – 30%, podložie je tvorené zvetraným kryštalinikom. Skelet tvoria prevažne ruly a bridlice nepravidelného tvaru v priemere s veľkosťou 5 – 10 cm a väčšie. Porast tvorí smrek obyčajný, podrast brusnica a čučoriedka pravá (Oreňák et al., 2010).
Ďalšie charakteristiky povodia Jaloveckého potoka je možné nájsť v práci *Holka a Kostku* (2006).

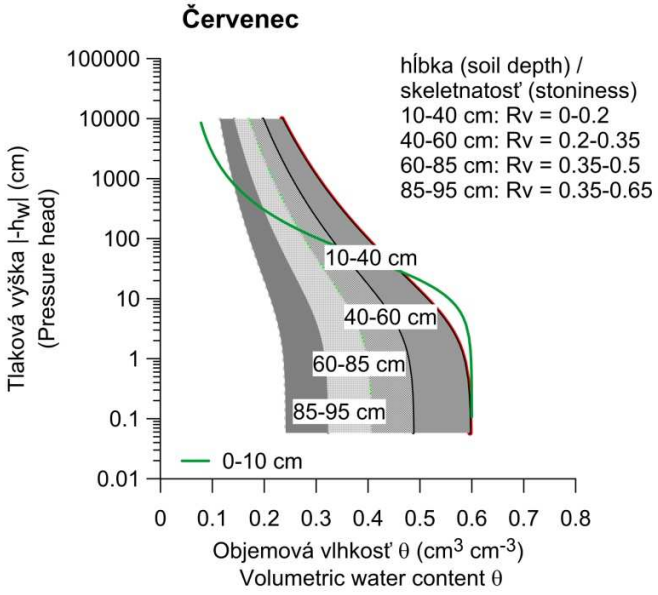
Materiál a metodika

V dvoch pôdnych sondách záujmovej lokality bola meraná skeletnatosť R_v pôdneho profilu (relatívny objem skeletu) priamym meraním. Z pôdnych sond boli odobraté vzorky pôdy na meranie retencie jemnozeme a retencie skeletu zvlášť. Taktiež boli získané nasýtené hydraulické vodivosti jemnozeme z meraní pri premenlivom hydraulickom sklone v laboratóriu a intenzity infiltrácie z infiltračných experimentov v teréne metódou jednovalcového infiltrometra. Na obr.1 sú výsledky merania skeletnatosti pôdy, z ktorých bola stanovená minimálna a maximálna skeletnatosť pôdy na danej lokalite ($R_{v,\ min}$ a $R_{v,max}$). Detailný spôsob merania hydrofyzikálnych vlastností pôdy je možné nájsť v Hlaváčiková et al. (2014a). Tieto údaje boli podkladom pre stanovenie pôdnych charakteristík, potrebných pri modelovaní. Na obr. 2 sú vlhkostné retenčné krivky (VRK) skeletnatej pôdy, ktorých parametre sú uvedené v tab. 1. Vlhkostné retenčné krivky skeletnatej pôdy boli stanovené integrálne ako efektívne charakteristiky, ktoré charakterizujú celú skeletnatú vrstvu pôdy (skelet a jemnozem spolu) pre každú vrstvu zvlášť v závislosti od variability skeletnatosti v danej pôdnej vrstve. Detailný spôsob ich stanovenia je uvedený v literatúre Hlaváčiková et al. (2014b).
Zásoba vody v pôde bola získaná modelovaním obsahu vody v pôde v rôznych hĺbkach skeletnatého pôdneho profilu. Pre porovnanie sme modelovali aj obsah vody v neskeletnatom pôdnom profile, t.j. v hypotetickej pôde, ktorá by sa na danej lokalite nachádzala, keby tam bola prítomná iba jemnozem bez skeletu. Pri modelovaní dynamiky vody v pôde sa vychádzalo z predpokladu, že pohyb vody v pôde sa realizuje cez pôdnu matricu a je ho možné charakterizovať Richardsovou rovnicou pohybu vody v nenasýtenej zóne pôdy modelom jednoduchej pórovitosti. Pri modelovaní bol použitý matematický deterministický model pohybu vody vo vadóznej zóne model HYDRUS-1D (verzia 4.13) (Šimůnek et al.,

2008). Použité meteorologické, fenologické a pôdne charakteristiky, spôsob ich získania a metodiku stanovenia pôdnych charakteristík skeletnatej pôdy uvádzajú Hlaváčiková et al. (2014b).
Maximálna zásoba vody (zodpovedá maximálnej retenčnej kapacite, MaxRK) bola počítaná z hodnôt maximálnej vlhkosti jemnozeme a skeletu (θ_s z efektívnej retenčnej krivky, obr. 2).



Obr. 1: Skeletnatosť v rôznych vrstvách pôdneho profilu meraná v dvoch pôdnych sondách (PP1 a PP2) vzdialených od seba približne 80 m.
Fig. 1: Stoniness in different soil layers measured in two soil profiles (PP1, PP2) approximately 80 m apart.



Obr. 2: Efektívne vlhkostné retenčné krivky skeletnatej pôdy pre jednotlivé vrstvy pôdneho profilu, a merané rozsahy skeletnatosti v príslušných vrstvách pôdy .
Fig. 2: Effective soil water retention curves for specified soil layers and measured stoniness range.

Tab. 1: Van Genuchtenove parametre *VRK* (θ_r, θ_s, α, n), nasýtená hydraulická vodivosť (K_s) a skeletnatosť (R_v) pre pôdny profil Červenec so stanovenou minimálnou ($R_{v,min}$) a maximálnou skeletnatosťou ($R_{v,max}$).

Tab. 1: Van Genuchten SWRC parameters (θ_r, θ_s, α, n), saturated hydraulic conductivity (K_s) and stoniness (R_v) for soil profile Červenec for estimated minimum ($R_{v,min}$) and maximum ($R_{v,max}$) stoniness.

Rv,min					
HÍbka (cm)	**0 - 10 cm**	**10 - 40 cm**	**40 - 60 cm**	**60 - 85 cm**	**85 - 95 cm**
θ_r (cm^3 cm^{-3})	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
θ_s (cm^3 cm^{-3})	0.600	0.597	0.487	0.405	0.405
α (cm^{-1})	0.04319	0.25982	0.25982	0.25982	0.25982
n (-)	1.5038	1.13859	1.13859	1.13859	1.13859
K_s (cm h^{-1})	210	45	45	45	45
R_v (cm^3 cm^{-3})	0.00	0.00	0.20	0.35	0.35
Rv,max					
HÍbka (cm)	**0 - 10 cm**	**10 - 40 cm**	**40 - 60 cm**	**60 - 85 cm**	**85 - 95 cm**
θ_r (cm^3 cm^{-3})	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
θ_s (cm^3 cm^{-3})	0.600	0.487	0.405	0.323	0.241
α (cm^{-1})	0.04319	0.25982	0.25982	0.25982	0.25982
n (-)	1.5038	1.13859	1.13859	1.13859	1.13859
K_s (cm h^{-1})	210	45	45	45	45
R_v (cm^3 cm^{-3})	0.00	0.20	0.35	0.50	0.65

Hodnoty θ_r, θ_s, K_s sú vo vrstvách so skeletom efektívnymi parametrami ("bulk").

Výsledky a diskusia

Pôdny profil lesnej pôdy vysokohorskej časti povodia Jaloveckého potoka pod smrekovým porastom sa skladá väčšinou z nasledovných typických diagnostických horizontov: z nadložného horizontu O_o (tvoreného opadankou a formami jej rozkladu, hĺbka 0–10 cm), povrchového humusového horizontu pôdy A_o (10–20 cm) a podpovrchového kambického horizontu B_v (piesočnato-hlinitá pôda do hĺbky 70–95 cm). Od hĺbky 70–95 cm sa nachádza C horizont (zvetraná nespevnená materská hornina).

Hydrofyzikálne vlastnosti pôdy v jednotlivých pôdnych horizontoch sú odlišné. Na obr. 3 je vidieť výsledky terénnych meraní infiltračnej kapacity lesnej pôdy (intenzity infiltrácie z infiltračného experimentu) v rôznych hĺbkach pôdneho profilu (jún, 2015). Nadložný pôdny horizont sa vyznačuje extrémne vysokou infiltračnou kapacitou, ktorá je o jeden až dva rády vyššia ako infiltračná kapacita v hlbších horizontoch. S hĺbkou infiltračná kapacita pôdy klesá, hoci jej hodnoty sú stále vysoké (9 mm min^{-1} v hĺbke 70 cm). Tento fenomén bol pozorovaný v pôde v povodí Jaloveckého potoka aj pri meraniach počas vegetačného obdobia v rokoch 2012 a 2013 (Hlaváčiková et al., 2014a). S hĺbkou pôdneho profilu narastá objem skeletu v pôde a klesá nasýtená hydraulická vodivosť pôdy. Skeletnatosť je veľmi premenlivá, avšak jej maximálne hodnoty, ktoré boli namerané v spodnej časti pôdnych profilov, sa pohybovali v rozsahu 35 – 65 % (0.35 – 0.65 cm^3 cm^{-3}).

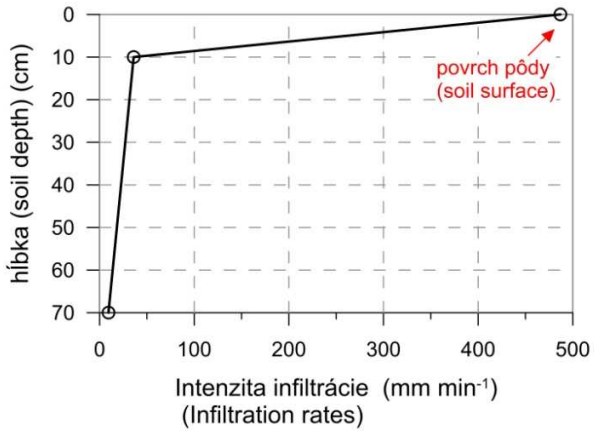
Skeletnatosť pôdy spôsobuje pokles efektívnej (celkovej) objemovej vlhkosti pôdy oproti pôde bez skeletu v rozsahu hodnôt uvedených v tab. 2.

Najnižšie objemové vlhkosti pôdy boli zistené v hĺbke 90 cm, čo zodpovedá pôdnej vrstve s najvyššou skeletnatosťou. Avšak v tejto hĺbke je aj najvyššia variabilita tejto charakteristiky kvôli variabilite skeletnatosti.

Tab. 2: Rozsah skeletnatosti R_v a poklesu efektívnej objemovej vlhkosti skeletnatej pôdy v porovnaní s referenčnou objemovou vlhkosťou bezskeletnatej pôdy v jednotlivých hĺbkach pôdneho profilu. (RMSE je stredná kvadratická odchýlka, MRE je priemerná relatívna odchýlka).

Fig. 2: The stoniness range R_v and the effective stony soil water content reduction in comparing with the reference non-stony soil water content in different soil profile depths. (RMSE-root mean square error, MRE-mean relative error).

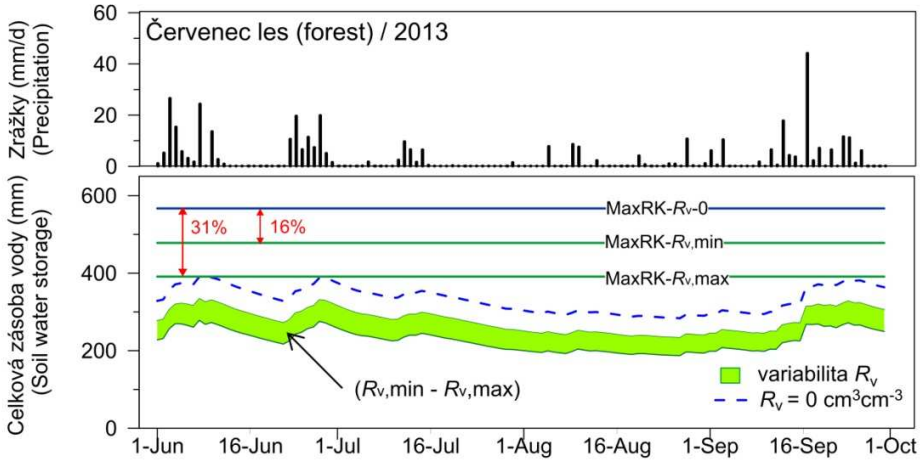
Hĺbka (Soil depth)	R_v (cm^3cm^{-3})	RMSE (cm^3cm^{-3})	MRE (%)
35 cm	0-0.2	0-0.06	0-18.7
55 cm	0.2-0.35	0.06-0.11	18-31
75 cm	0.35-0.5	0.11-0.16	30-44
90 cm	0.35-0.65	0.11-0.2	30-56



Obr. 3: Intenzita infiltrácie v troch hĺbkach pôdneho profilu v závere horskej časti povodia Jaloveckého potoka (jún, 2015).
Fig. 3: Infiltration rates at three soil profile depths at the closing part of the Jalovecký Creek high-mountain catchment (June, 2015).

Na obr. 4 je priebeh celkovej zásoby vody v pôdnom profile s hĺbkou 95 cm. Vplyvom skeletnatosti dochádza ku zníženiu celkovej zásoby vody pôdneho profilu o 54 – 105 mm (*RMSE*) oproti referenčnej zásobe vody bezskeletnatej pôdy, čo zodpovedá 69 – 84% hodnoty zásoby vody bezskeletnatej pôdy.
Maximálna zásoba vody v skeletnatom pôdnom profile pre maximálnu a minimálnu skeletnatosť sa pohybuje v rozsahu 391 – 478 mm. Ak by pôdny profil neobsahoval skelet, hodnota maximálnej zásoby vody by bola 567 mm. Rozdiel v maximálnej zásobe vody neskeletnatej a skeletnatej pôdy je 89 – 176 mm (teda pokles o 16 – 31%), čo je významná hodnota.
Z priebehu zrážok počas modelovaného vegetačného obdobia roku 2013 a z priebehu zásoby vody v skeletnatej pôde je vidieť, že pôdny profil bol prevažnú časť obdobia suchý a zásoba vody sa blížila k bodu zníženej dostupnosti (prípadne ju mierne prekročila).
Pri vyhodnotení maximálnej zásoby vody v skeletnatej pôde bol vzatý do úvahy len vplyv skeletnatosti pôdy. Ostatné faktory ako napr. efektívna sieť makropórov ako súčasť lesnej pôdy nebola zohľadnená pre nedostatok údajov. Predpokladáme, že relatívne malý objem efektívnych makropórov oproti vysokému objemu skeletu v skeletnatej pôde záujmovej lokality nezmení dramaticky hodnotu maximálnej retencie

skeletnatého pôdneho profilu. Pri možnej malej interakcii makropórov s okolitou pôdnou matricou môže byť retencia skeletnatej pôdy ešte viac znížená. V tomto smere by bolo potrebné pokračovať v ďalšom výskume.



Obr. 4: Priebeh celkovej zásoby vody v skeletnatom pôdnom profile (hĺbka 0–95 cm) s minimálnou a maximálnou skeletnatosťou ($R_{v,\ min}$ a $R_{v,max}$) a v neskeletnatom pôdnom profile ($R_v = 0$ cm^3 cm^{-3}), ako aj maximálna retenčná kapacita (MaxRK) skeletnatej pôdy a jej pokles oproti maximálnej retenčnej kapacite referenčnej neskeletnatej pôdy.

Fig. 4: The water storage course of the 95 cm deep stony soil profile with minimum and maximum measured stoniness ($R_{v,\ min}$ a $R_{v,max}$) and of the non-stony soil profile ($R_v = 0$ cm^3 cm^{-3}). The maximum retention capacity (MaxRK) of the stony soil and its reduction in comparing with the non-stony one is showed as well.

Závery

Z výsledkov modelovania dynamiky vody v pôde vyplynulo, že zásoba vody v skeletnatej pôde lokality Červenec je v pôdnom profile s hĺbkou 95 cm znížená o 16 – 31% vplyvom skeletnatosti pôdy v porovnaní s pôdou, ktorá by neobsahovala skelet. Tieto hodnoty sú významné z hľadiska bilancie vody v pôde a z hľadiska formovania odtoku vody z pôdy. Maximálna zásoba vody pôdneho profilu je prítomnosťou skeletu tiež znížená. Jej hodnoty sa pohybujú v rozsahu 69 – 84% maximálnej zásoby vody bezskeletnatej pôdy.

Retenčná kapacita skeletnatej pôdy je nižšia, ako je retenčná kapacita pôdy bez skeletu. Je to spôsobené malou retenčnou kapacitou skeletu v porovnaní s retenčnou kapacitou jemnozeme. Z toho vyplýva, že odtok (podpovrchový aj povrchový) sa inicializuje v skeletnatých pôdach skôr, ako v pôdach bez skeletu. Možno preto predpokladať, že reakcia skeletnatých pôd pri tvorbe odtoku bude rýchlejšia v porovnaní s pôdami bez skeletu.

Jalovecké povodie sa vyznačuje rýchlou reakciou odtoku na zrážky (Kostka, 2009) a malou pravdepodobnosťou výskytu povrchového odtoku (Dóša et al., 2011; Holko et al., 2011). Preto predpokladáme, že vlastnosti skeletnatej pôdy a podložia zohrávajú kľúčovú úlohu pri generovaní podpovrchovej formy odtoku.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla na základe realizácie grantového projektu VEGA č.2/0032/13 a na základe realizácie projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany

územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

Bonell, M. (1993): Progress in the understanding of runoff generation dynamics in forests. Journal of Hydrology, 150, 217–275.

Dóša, M., Holko, L., Kostka, Z., Martincová, M. (2011): Hydraulic conductivity of the soil surface and maximum rainfall intensities in foothill part of Jalovecký creek catchment. Acta Hydrol. Slovaca, 12(2), 251–258.

Hlaváčiková, H., Novák, V., Orfánus, T., Danko, M., Hlavčo, J. (2014a): Stony soils hydrophysical characteristics. I. Hydraulic conductivities. Acta Hydrol. Slovaca, 15(1), 24–34.

Hlaváčiková, H., Novák, V., Danko, M., Hlavčo, J., Rodný, M. (2014b): The influence of natural fine soil retention variability in homogeneous and stony soil on the potential soil bottom boundary outflow. Acta Hydrol. Slovaca, 15(TC), 124–136.

Holko, L. (2010): Voda v krajine. Urbanita: Časopis o urbanizme a územnom plánovaní - Revue for Urbanism and Landscape Planning, ISSN 0139-5912, 22(4), 20–24.

Holko, L., Kostka, Z. (2006): Hydrologický výskum vo vysokohorskom povodí Jaloveckého potoka. J. Hydrol. Hydromech., 54(2), 192–206.

Hümann, M., Schüller, G., Müller, Ch., Schneider, R., Johst, M., Caspari, T. (2011): Identification of runoff processes - The impact of different forest types and soil propreties on runoff formation and floods. Journal of hydrology,409, s.637-649.

Kostka, Z. (2009): Runoff response to rainfall event in the mountain catchment. Acta Hydrol. Slovaca 10(1), 130–139.

Oreňák, M., Škvarenina, J., Frič, M., Hríbik, M. (2010): Intercepcia zrážok v horskej smrečine Západných Tatier v rokoch 2007–2009. Meteorologický časopis, 13, 87–91.

Scherrer, S., Naef, F. (2003): A decision scheme to indicate dominant hydrological flow processes on temperate grassland. Hydrol. Processes, 17, 391–401.

Šimůnek, J., Šejna, M., Saito, H., Sakai, M., van Genuchten, M. Th. (2008): The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media, Version 4.0, Hydrus Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, CA, USA, 281 p.

Šútor, J., Vitková, J., Rehák,Š., Stradiot, P. (2014): Impact of evapotranspiration deficit on soil water dynamics under condition of Zahorská Lowland. Acta Hydrol. Slovaca, 15(1), 15–23.

THE INFLUENCE OF FOREST SOIL STONINESS ON SOIL WATER RETENTION CAPACITY

In many mountain forest soils abundant amount of the rock fragments (gravel, stones, boulders) and the effective macropore network is present. Rock fragments (skeleton) can retain only small amount of water in comparison to the fine soil fraction. Exception is the skeleton with high porosity (e.g. ash rocks or highly weathered rock fragments). The presence of skeleton reduces the volume of the fine soil fraction, therefore it reduces the total (bulk) soil profile retention (or total porosity). Nevertheless, the influence of the skeleton upon the soil water retention and hydraulic conductivity quantification is usually neglected in many studies.

The soil water storage calculation is based on known water content data in specified soil depths (gained either from monitoring or from modelling). In this work we preferred data from modelling (by model HYDRUS-1D, Šimůnek et al., 2008) because of the problem with installing measurement devices and interpretation of measured data in stony soils. The influence of rock fragments content in the mountain forest soils of the Jalovecký Creek catchment in the Western Tatra Mountains on the maximum soil water retention capacity and the soil water storage was quantitatively evaluated.

The maximum soil water storage (corresponds to the maximum water capacity) was evaluated from the maximum fine soil fraction and maximum rock fragments water storage. The forest soil profile in the high-mountain catchment of the Jalovecký Creek consists of typical diagnostic genetic horizons: organic O_o horizon (undecomposed or partially decomposed organic material like needles, 0–10 cm), topsoil horizon A_o (mainly decomposed organic material, 10–20 cm), subsoil B_v horizon (sandy-loam soil the depth 70–95 cm). Below 70–95 cm, C horizon is located (weathered parent rock material). The spruce is the dominant tree in the forest canopy. The hydrophysical properties of particular soil horizons are different. The uppermost organic horizon is characterized by extremely high infiltration capacity, which is by one or two orders of magnitude higher than values in deeper soil horizons. This phenomenon was observed in the Jalovecký Creek catchment at other field measurements during vegetation period 2012 and 2013. With the soil profile depth the stoniness increased, and saturated hydraulic conductivity decreased. The stoniness varies at different soil profiles. The maximum measured stoniness in deeper horizons was in the range 35 – 65 % (0.35 – 0.65 cm^3 cm^{-3}).

Results of stony soil water movement modelling shows the total soil water storage in the soil profile of the site Červenec with the soil profile thickness 95 cm is decreased by the 16 – 31% due to soil stoniness in comparison to the soil without rock fragments.

Those values cannot be neglected and it is expected its influence on the soil water balance and the runoff generation. The maximum stony soil water storage is decreased as well. Its values are in the range 69 – 84% of the non – stony soil maximum water storage.

Stony soil retention capacity is smaller than retention capacity of the non-stony soil, due to smaller retention capacity of skeleton in comparison with fine soil retention capacity. From it follows that the outflow in stony soils is initialized earlier than in the soil without skeleton. It can be assumed faster reaction of stony soils on precipitation and faster runoff generation.

In the Jalovecký Creek catchment, the fast response of the outflow to precipitation (Kostka, 2009) and low probability of the surface runoff is observed (Dóša et al., 2011; Holko et al., 2011). Therefore, the stony soil and bedrock properties are crucial for the outflow formation mechanism.

Ing. Hana Hlaváčiková
Ing. Viliam Novák, DrSc.
Ústav hydrológie SAV
Račianska 75
831 02 Bratislava
E-mail: hlavacikova@uh.savba.sk