

MOŽNOSTI STANOVENIA VHLKOSTNÝCH RETENČNÝCH KRIVIEK PRE POVODIE RIEKY MYJAVA

Marcela Maliariková, Radovan Nosko, Tamara Látková, Jana Skalová, Peter Minarič

Cieľom príspevku je vytvoriť pedotransferové funkcie (PTF) pre dva pôdne horizonty povodia rieky Myjava. Pedotransferové funkcie zjednodušujú stanovenie vlhkostných retenčných kriviek (VRK) pôd a zároveň sú základnými vstupmi do matematického modelovania pohybu a retencie pôdnej vody. K dispozícii sme mali databázu obsahujúcu 87 pôdnych vzoriek odobratých z povodia Myjava: 48 vzoriek z pôdneho horizontu 20 – 25 cm a 39 vzoriek z pôdneho horizontu 40 – 45 cm. Potreba určenia VRK pomocou PTF vyplynula z potreby stanoviť fyzikálne charakteristiky pôd povodia Myjava ako podklad pre charakteristiku vodného režimu pôd v tejto lokalite.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: pedotransferové funkcie, vlhkostná retenčná krivka, pôdny horizont, povodie Myjava

THE DETERMINATION OPTIONS PROVIDED FOR WATER RETENTION CURVES FOR RIVER BASIN OF THE MYJAVA RIVER. The aim of this paper is to develop pedotransfer functions (PTF) for the two soil horizons of the Myjava catchment area. Pedotransfer functions simplify the determination of soil water retention curves, which are essential inputs to the mathematical modeling of soil water dynamics and long-term characterization. Database available consists of 87 soil samples from Myjava region; 48 samples from soil horizon 20–25 cm and 39 from soil horizon 40–45 cm. The need to identify water retention curves by using PTF resulted from the need to determine physical characteristics of Myjava basin soils as a basis for a characteristic of soil water regime in this area.

KEY WORDS: pedotransfer functions, water retention curves, soil horizon, Myjava River Basin

Úvod

Pôda patrí podľa Európskej charty o pôde z roku 1972 k najvzácnejším zdrojom ľudstva. Jej jednoznačná definícia neexistuje a každý autor ju definuje inak, napr. podľa Antala (1989) je pôda chápaná ako prírodnina diferencovaná na genetické horizonty a vzniká na rozhraní litosféry, atmosféry, biosféry a hydrosféry. Práve vzťah medzi hydrosférou, teda vodou, a pôdou a ich vzájomné pôsobenie patria odnepamäti medzi predmety záujmu ľudstva. Aj napriek tomu, že viac ako 70 % našej planéty je pokrytých vodou, len niečo viac ako 1 % z tohto obsahu je voda sladká a teda priamo využiteľná pre potreby človeka (Antal 1989).

Voda je na našej planéte v neustálom kolobehu a je schopná sa pohybovať všetkými smermi a v každom prostredí, nad povrchom aj pod povrchom. Práve voda pod povrchom, ktorá sa nachádza medzi povrchom

terénu až po hladinu podzemnej vody, tzv. pôdna voda, je hlavnou témou, ktorou sa zaoberá tento článok. V súčasnosti je nevyhnutné pre ľudstvo ako aj pre celú planétu zaoberať sa obsahom ako aj pohybom pôdnej vody. V dôsledku neustáleho intenzívneho využívania pôdy, klimatických zmien a iných procesov sa mení aj samotný vlhkostný režim pôdy na celosvetovej úrovni. Vlhkostné retenčné krivky (VRK) sú jednou z najdôležitejších hydraulických charakteristík potrebných pre štúdium transportu vody v nenasýtenej pôdnej zóne, pričom práve hydrofyzikálne vlastnosti predstavujú jedno zo základných kritérií hodnotenia zmien pôdnych vlastností, z ktorých najdôležitejšia je úrodnosť pôdy. Pre zistenie bodov VRK používame dve skupiny metód a to meranie v laboratórnych podmienkach alebo prostredníctvom matematických modelov vrátane regresie. Meranie v laboratórnych podmienkach je všeobecne uznávané, ale zároveň aj finančne a časovo náročné

a okrem toho je na zistenie jednotlivých bodov vlhkostnej retenčnej krivky potrebná špeciálna laboratórna technika. Zistenie týchto bodov s využitím už dostupných dát, resp. dát, ktoré je možno zmerať rýchlejšie a bez vysokých nákladov, je omnoho jednoduchšie a finančne menej náročné. Ako vstupné dáta sú najčastejšie používané fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy ako zrnitosť, merná hmotnosť, obsah humusu a obsah organického uhlíka.

V posledných dvoch dekádach sa zverejnilo mnoho štúdií zameraných na určovanie bodov VRK prostredníctvom dostupných dát pôdných vlastností (Renger, 1971; Gupta, Larson, 1979; Rawls et al., 1982; Wosten et al., 1995 a 1999; Šutor, Štekauerová, 1999; Houšková, 2000; Gomboš, Burger 2001, Pachepsky, Rawls 2004, Matula Miháliková, Bát'ková 2007, Skalová, Štekauerová 2011). Metodický postup je založený na predpokladanej závislosti medzi obsahom vody v pôde a vyššie uvedenými fyzikálnymi a chemickými pôdnymi charakteristikami. Pre postupy využívajúce regresnú analýzu bol zavedený pojem pedotransferové funkcie (Bouma, Van Lanen 1987).

Význam PTF je veľmi značný, hlavne pri súčasnom trende využívania matematického modelovania pri simuláciách transportu vody v pôde. Na území Slovenska existuje vplyvom rozličných pôdotvorných činiteľov a faktorov široké spektrum pôd s odlišnými vlastnosťami, a preto je ťažké vytvoriť univerzálnu PTF pre celé povodie Myjavy, napriek tomu sme chceli tento článok venovať tejto problematike. Podobnému výskumu týkajúceho sa regionálnej interpretácie VRK s použitím PTF sa zaoberal Balkovič et al. (2004).

Charakteristika územia

Povodie Myjavy sa nachádza na západe Slovenska

v Myjavskej pahorkatine (obr. 1). Pre povodie Myjavy sú typické procesy rýchleho odtoku, ktoré spôsobujú časté bahenné povodne. Odtok je v povodí sústredený do hustej siete suchých údolí, čo spôsobuje vznik dočasných erózných rýh a trhlín ako aj vznik vyššie spomenutých bahenných povodní. Odtokajúca voda z poľnohospodárskej pôdy zo sebou nesie veľké množstvo pôdy vo forme sedimentov. Povodne s vysokým obsahom erodovaného materiálu zapríčiňujú vznik bahenných nánosov. Všetky tieto procesy predstavujú významné ekologické a prírodné riziká v oblasti povodia Myjavy. Geologická štruktúra povodia nie je rovnorodá a je charakterizovaná zložitými tektonickými a geologickými podmienkami. Myjavská a Chvojnická pahorkatina, ktoré sú situované v severnej časti povodia, patria do flyšového pásma masívu Vonkajšie Západné Karpaty (obr. 2).

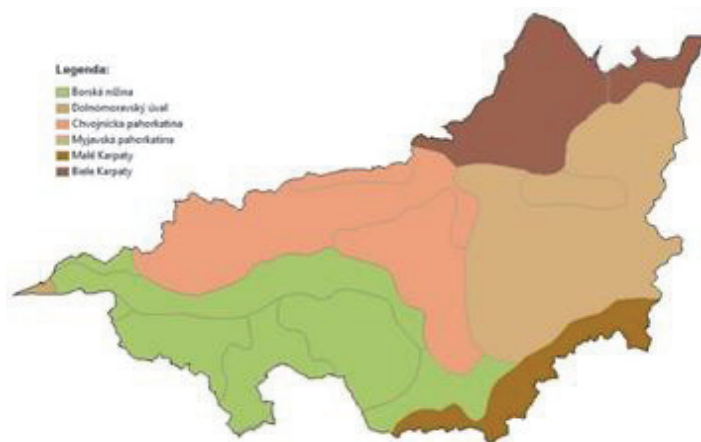
Tie sú predovšetkým tvorené pieskovecami, pieskovými ílovcami, ílovcami a jemnými zlepcami. Proti smeru toku pri meste Myjava môžeme nájsť vápenaté pieskovce a vápence. Vo východnej časti povodia je možné nájsť aj malé územia s výskytom dolomitov, slieňov a zlepcov. Najväčšia časť povodia je tvorená z 30 % šedými prachovcami a ílovcami. Zvyšné územie povodia, ktoré sa nachádza v nižinných polohách na západe, je dominantne tvorené vápenatými ílmi, naplaveninami Moravy a štrkmi (obr. 3).

Vo vyššie položených územiach s väčším sklonom reliéfu sú najviac zastúpené hnedé lesné pôdy (kambizeme), ktoré sa striedajú s pararendzinami, v okolí mesta Senica sa vyskytujú hnedozeme a pri rieke Morava sú to predovšetkým fluvizeme a regozeme (obr. 4). Najrozšírenejšími pôdnymi druhmi povodia Myjavy sú hlinité pôdy, ktoré sa vyskytujú najmä v severnej časti a v južnej časti (tzv. Záhorie) prevládajú piesočnaté pôdy (obr. 5).

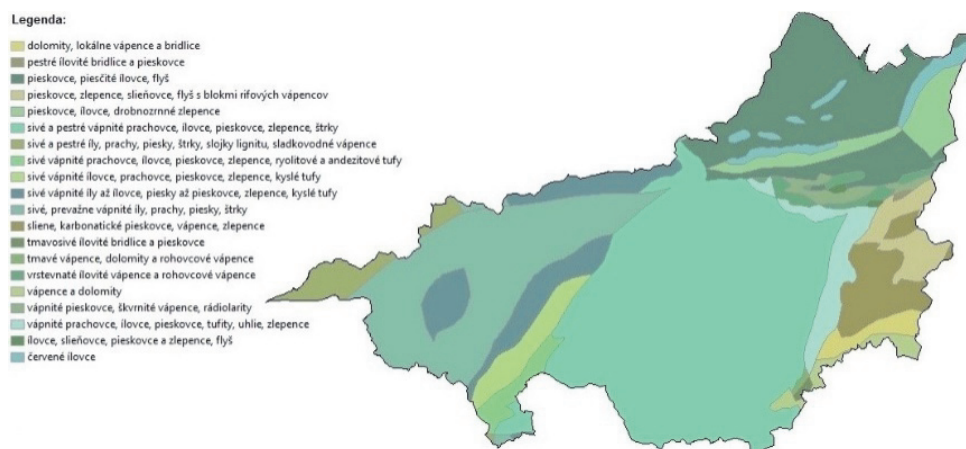


Obr. 1. Lokalizácia povodia Myjavy v rámci Slovenska.

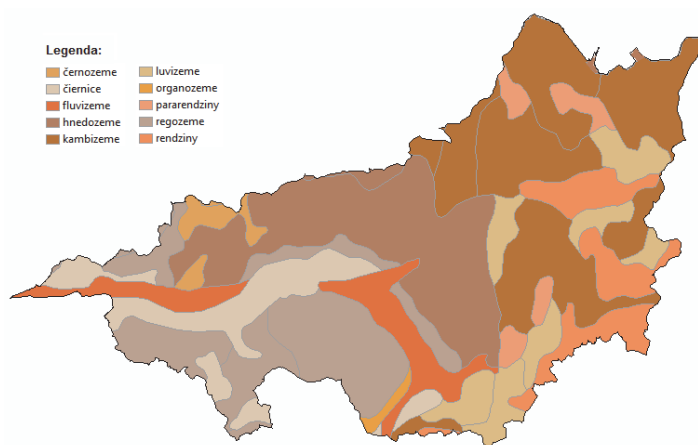
Fig. 1. The location of the Myjava catchment area in Slovakia.



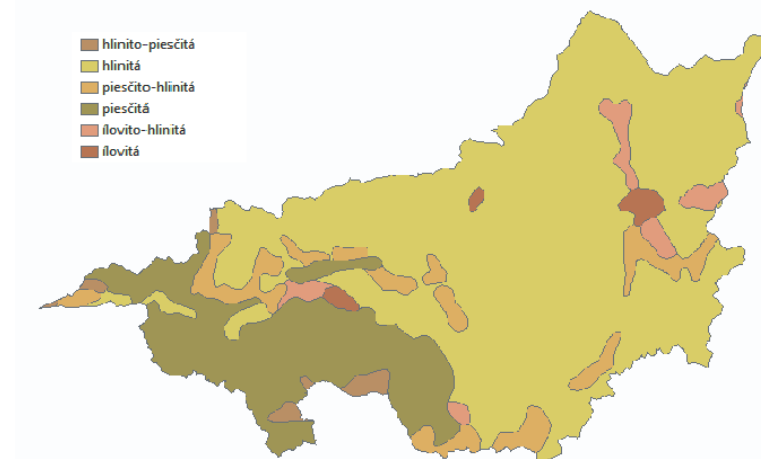
Obr. 2. Geomorfologické jednotky povodia (upravené podľa AKSR 2002).
Fig. 2. Geomorphological units of the catchment (AKSR 2002).



Obr. 3. Geologická stavba povodia (upravené podľa AKSR 2002).
Fig. 3. Geological structure of the catchment (AKSR 2002).



Obr. 4. Pôdne typy povodia (upravené podľa AKSR 2002).
Fig. 4. Soil types of the catchment (AKSR 2002).



Obr. 5. Pôdne druhy povodia (upravené podľa AKSR 2002).
Fig. 5. Soil textures of the catchment (AKSR 2002).

Väčšina povodia Myjavy leží v teplom regióne, ktorý má ročne v priemere viac ako 50 letných dní (t.j. dní s maximálnou teplotou $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tento región je charakteristický mierne vlhkou klímou s miernymi zimami (priemerná teplota v mesiaci Január $> 3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Malé percento územia povodia s vyššími nadmorskými výškami (severná časť povodia) patrí do mierne teplého regiónu, ktorý má ročne v priemere menej ako 50 letných dní a priemerné teploty v júli dosahujú $\geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Táto rôznorodosť je výsledkom hornatého reliéfu severnej a východnej časti povodia. Povodie spadá do oblasti s priemernou mesačnou hodnotou globálneho žiarenia 1200 kWh/m^2 .

Hodnoty priemernej ročnej potenciálnej evapotranspirácie sa pohybujú v intervale medzi 500 a 700 mm (Szolgay et al. 2015).

Hodnoty úhrnov zrážok od roku 1981 – 2008 boli získané z 16 zrážkomerných staníc. Z dát boli vypočítané úhrny zrážok, ktorých ročné priebehy sú znázornené na obr. 6 a obr. 7. Z obrázkov je vidieť, že najsuchšími mesiacmi s priemernými mesačnými úhrnmi zrážok len 40 mm boli január a február. Oproti tomu mesiace jún a júl vykazovali najväčšie hodnoty priemerných mesačných zrážok za sledované obdobie – 70 mm. Ročné hodnoty zrážkových úhrnov za sledované obdobie nevyskazujú žiadny výrazný trend (viď obr. 6) a v priemere dosahujú hodnotu 634 mm.

Priemerná mesačná teplota vzduchu v sledovanom povodí je znázornená na obrázku 7. Najnižšie teploty vzduchu boli v zimných mesiacoch. Mesiac január bol najchladnejší s priemernou teplotou vzduchu $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Najnižšia priemerná teplota vzduchu v sledovanom povodí bola $-21,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ v období rokov 1981 a 2008. Najteplejšími mesiacmi boli júl a august s priemernými teplotami vzduchu okolo $19\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pedotransferové funkcie

Základom PTF je analytické vyjadrenie vlhkostnej retenčnej krivky napr. podľa Van Genuchtena (1980), alebo Brooks a Coreyho (1964) pričom sú jednotlivé parametre získavané najčastejšie regresiou alebo inou metódou odhadu. V tomto príspevku sú jednotlivé body VRK získané priamo. Základné rozborové charakteristiky sú: textúra pôdy, veľkosť častíc, pórovitosť a veľkosť pórov, obsah organického uhlíka, merná a objemová hmotnosť.

Jednou z najčastejšie citovanou metodikou na vyjadrenie VRK pomocou regresných modelov z textúry, objemovej hmotnosti a obsahu organického uhlíka v pôdach je metodika prezentovaná v práci Gupta a Larsona (1979), kde autori využívajú viacnásobnú lineárnu regresnú rovnicu v nasledovnom tvare:

$$\theta_{hw} = A \cdot \% I. kat + B \cdot \% II. kat + C \cdot \% III. kat + D \cdot \% IV. kat + E \cdot \rho_d + F \quad (1)$$

kde

θ_{hw} – predpovedná vlhkosť [$\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$] pre daný vlhkostný potenciál h_w ,

A, B, C, D, E, F – koeficienty zistené regresnou analýzou,

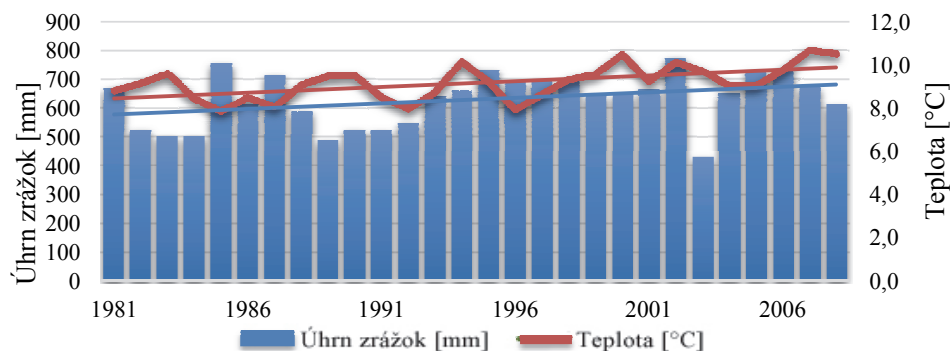
I. kategória – obsah pôdnych častíc s priemerom $< 0.01\text{ mm}$ [%],

II. kategória – obsah pôdnych častíc s priemerom $0.01 - 0.05\text{ mm}$ [%],

III. kategória – obsah pôdnych častíc s priemerom $0.05 - 0.1\text{ mm}$ [%],

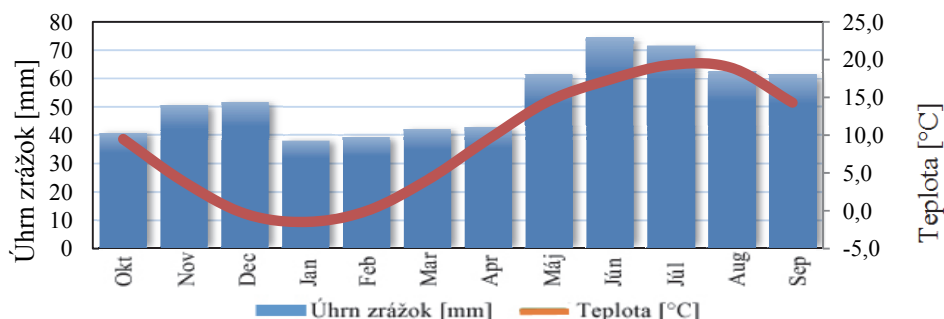
IV. kategória – obsah pôdnych častíc s priemerom $0.1 - 2\text{ mm}$ [%],

ρ_d – objemová hmotnosť redukovaná [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$].



Obr. 6. Priebeh priemerných ročných úhrnov zrážok a priemerných ročných teplôt vzduchu v období 1981 – 2008 v povodí rieky Myjava.

Fig. 6. Average annual precipitation and temperatures at Myjava River Basin for the period 1981–2008.



Obr. 7. Priebeh priemerných mesačných úhrnov zrážok a priemerných mesačných teplôt vzduchu v období 1981 – 2008 v povodí rieky Myjava.

Fig. 7. Mean monthly precipitation and temperatures at Myjava basin for the period 1981–2008.

Metódy a materiál

V povodí Myjavy boli odobrané neporušené pôdne vzorky z hĺbky 20 – 25 cm a 40 – 45 cm do Kopeckého odberných valčekov s konštantným objemom 100 cm³. Z bezprostrednej blízkosti odberu každej neporušenej vzorky bola odobratá aj porušená vzorka (približne 0,5 kg pôdy).

Po odobratí boli vzorky analyzované a stanovené ich vlhkostné retenčné krivky ako aj iné vlastnosti (objemová hmotnosť, merná hmotnosť, zrnitostné zloženie, nasýtená hydraulická vodivosť). Pri meraní bodov VRK bola v laboratórnych podmienkach použitá štandardná metóda na určenie diskretných bodov v pretlakových nádobách (Soil Moisture Equipment, Santa Barbara, California). Zrnitostné zloženie odobratých pôdnych vzoriek bolo stanovené pomocou hustomernej metódy, ktorej výhodou je rýchlosť a nenáročnosť na laboratórne zariadenie. Princípom tejto metódy je meranie mernej hmotnosti (resp. hustoty) suspenzie v sedimentačnom valci, pričom samotná hustota v dôsledku ukladania pevných častíc klesá. Pri výpočte bol použitý Stokesov zákon, ktorý je detailne popísaný v prácach Velebný

(1982); Velebný, Skalová (1994).

Výsledky a diskusia

Cieľom tohto príspevku bolo vytvorenie PTF pre povodie rieky Myjava, pomocou ktorých je možné stanoviť body a priebeh odvodňovacej vetvy VRK. Pre tieto účely sme použili viacnásobnú lineárnu regresiu, pomocou ktorej sme zistili jednotlivé koeficienty PTF pre každú tlakovú výšku ($h_w = -1, -60, -200, -560, -1000, -3000$ cm) pre obe pôdne vrstvy.

V budúcnosti stačí urobiť zrnitostný rozbor (hodnoty percentuálneho zastúpenia jednotlivých kategórií) a stanoviť redukovanú objemovú hmotnosť a na základe týchto hodnôt spolu so zistenými koeficientmi PTF (tab. 1 a tab. 2) je možné z rovnice (1) vypočítať hodnoty pôdnej vlhkosti pre každú tlakovú výšku, tzn. Vypočítať body odvodňovacej vetvy VRK za účelom matematického modelovania vodného režimu pôd.

V prípade použitia koeficientov PTF (tab. 1, tab. 2) na výpočet bodov VRK treba pripomenúť, že použité vstupné dáta musia byť v rozsahu z ktorého boli stanovené. V opačnom prípade budú získané výsledky

nepoužiteľné pre ďalšie výpočty. Preto je potrebné stanoviť rozsah (minimum a maximum) pre vstupné hodnoty zrnitostných kategórií a redukovanú objemovú hmotnosť pre obe pôdne vrstvy. Tieto rozsahy sú pre pôdnu vrstvu 20 – 25 cm uvedené v tabuľke 3 a pre pôdnu vrstvu 40 – 45 cm v tabuľke 4.

Stupeň presnosti PTF môže byť určený z grafického porovnania nameraných hodnôt a hodnôt vypočítaných pomocou PTF pre každú tlakovú výšku. Pre tento účel sme vybrali ďalších 10 vzoriek odobratých z tejto lokality, pri ktorých sa všetky parametre pohybovali v rozmedzí limitných hodnôt uvedených v tabuľkách 3 a 4. Pre ilustráciu sme si vybrali vzorku, ktorej VRK sa nachádzajú na obr. 8. Z porovnania je zrejme, že nami vytvorené PTF sú dostatočne presné. Vysokú tesnosť

medzi nameranými a vypočítanými bodmi VRK dokazuje aj hodnota R koeficientov zistená pre obe pôdne vrstvy (0,74 pre vrstvu 20 – 25 cm a 0,78 pre vrstvu 40 – 45 cm).

V prípade použitia vzoriek so vstupnými hodnotami mimo rozsahu uvedenom v tabuľke 3 a tabuľke 4, výsledky nemusia byť správne. V prípade vrstvy 20 – 25 cm sme použili vzorku s hodnotami I., II. a IV. zrnitostnej kategórie mimo limitného rozsahu. Hodnoty I. a IV. zrnitostnej kategórie vzorky pôdy z vrstvy 40 – 45 cm boli taktiež mimo rozsahu stanoveného pre vytvorenú PTF. Na grafoch uvedených nižšie (obr. 9) vidieť veľké rozdiely medzi nameranými a vypočítanými bodmi VRK. Preto sú hodnoty vstupných parametrov pri vytváraní PTF veľmi dôležité.

Tabuľka 1. Koeficienty PTF pre povodie rieky Myjava (pôdna vrstva 20 – 25 cm)

Table 1. Myjava catchment PTF coefficients overview for the soil layer 20 – 25 cm

h_w [cm]	A	B	C	D	E (p_d)	F
1	-0,00487675	-0,006116004	-0,004016025	-0,006749685	-0,2526231	1,373712645
60	-0,00217163	-0,003422412	-0,001098087	-0,004426499	-0,1794787	0,951976094
200	-0,00217668	-0,003681454	-0,002203512	-0,005087267	-0,1159403	0,851464603
560	-0,00203872	-0,003440874	-0,003894896	-0,005159582	-0,0762844	0,760584224
1000	-0,00971354	-0,011606642	-0,012490733	-0,012870345	-0,0765205	1,526457233
3000	-0,0067621	-0,008560333	-0,011767306	-0,010048104	-0,0300962	1,140504026

Tabuľka 2. Koeficienty PTF pre povodie rieky Myjava (pôdna vrstva 40 – 45 cm)

Table 2. Myjava catchment PTF coefficients overview for the soil layer 40 – 45 cm

h_w [cm]	A	B	C	D	E (p_d)	F
1	-0,030686074	-0,032766423	-0,030947857	-0,03202464	-0,343495309	4,131466636
60	-0,032300095	-0,034854767	-0,031960271	-0,034497486	-0,318192401	4,246591448
200	-0,024788033	-0,027593143	-0,025811903	-0,02770003	-0,259255794	3,407393352
560	-0,022092637	-0,024998641	-0,024136954	-0,025478941	-0,199566163	3,033219261
1000	-0,043462856	-0,046862946	-0,046029854	-0,047142449	-0,156778604	5,106667125
3000	-0,029810832	-0,033162787	-0,032596286	-0,03388592	-0,083892394	3,600782325

Tabuľka 3. Prehľad rozsahu hodnôt vstupných fyzikálnych parametrov pre výpočet bodov odvodňovacej vetvy VRK pomocou PTF pre povodie rieky Myjava pre pôdnu vrstvu 20 – 25 cm

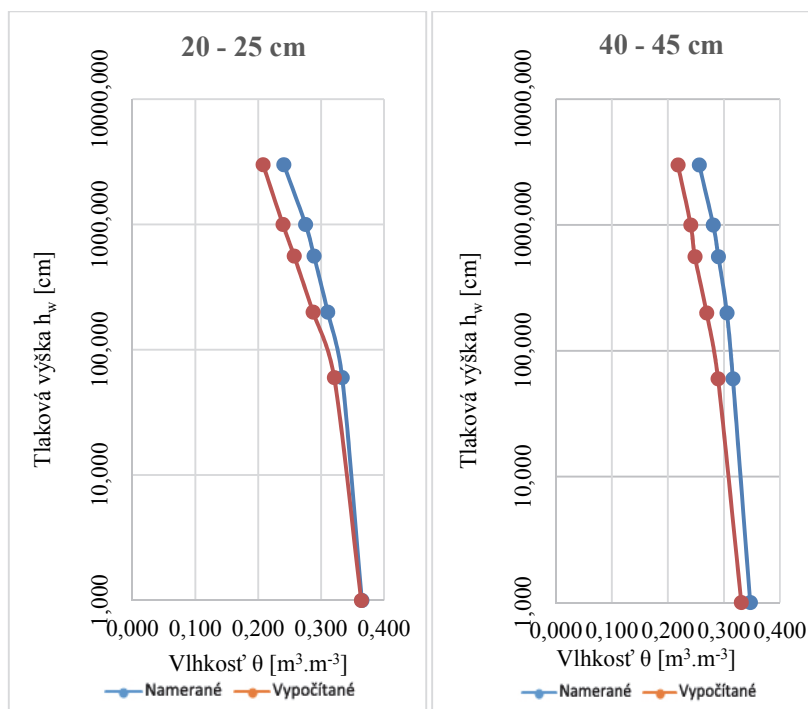
Table 3. Overview table of minimum and maximum values of input physical parameters for the soil layer 20 – 25 cm

	I. kategória [%]	II. kategória [%]	III. kategória [%]	IV. kategória [%]	Objem.hmot. [$g \cdot cm^{-3}$]
Min	8,15	5,93	2,30	3,62	1,26
Max	73,70	54,39	12,37	73,00	1,95

Tabuľka 4. Prehľad rozsahu hodnôt vstupných fyzikálnych parametrov pre výpočet bodov odvodňovacej vetvy VRK pomocou PTF pre povodie rieky Myjava pre pôdnu vrstvu 40 – 45 cm

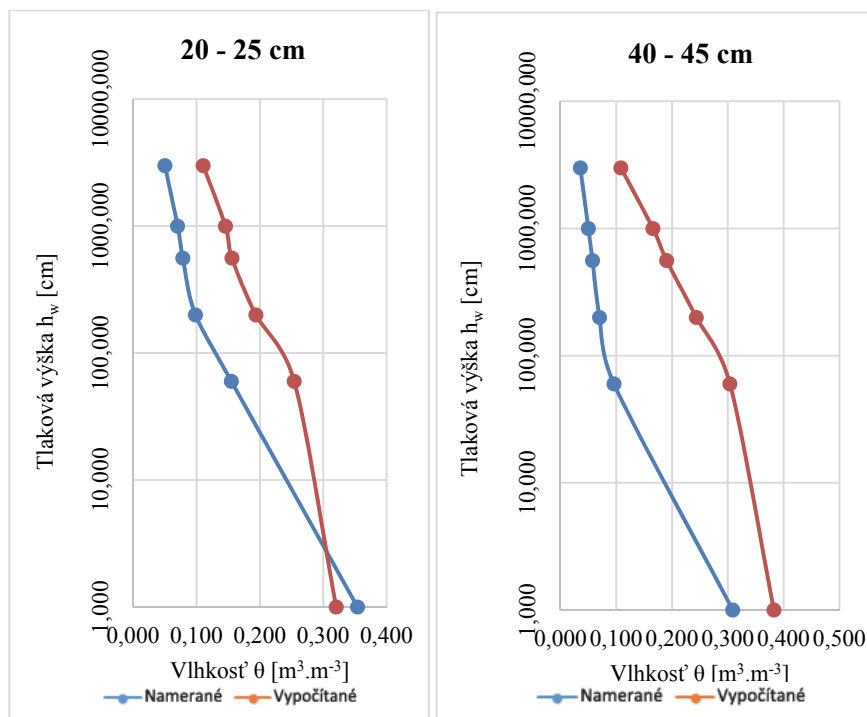
Table 4. Overview table of minimum and maximum values of input physical parameters for the soil layer 40 – 45 cm

	I. kategória [%]	II. kategória [%]	III. kategória [%]	IV. kategória [%]	Objem. hmot. [$g \cdot cm^{-3}$]
Min	9,51	3,93	3,14	6,27	1,39
Max	57,81	50,44	15,49	72,89	1,96



Obr. 8. Porovnanie bodov VRK nameraných a bodov VRK vypočítaných pomocou PTF (vzorka z rozsahu limitných hodnôt).

Fig. 8. Comparison of WRC points - measured and calculated using the PTF (sample within range).



Obr. 9. Porovnanie bodov VRK nameraných a bodov VRK vypočítaných pomocou PTF (vzorka mimo rozsahu limitných hodnôt).

Fig. 9. Comparison of WRC points - measured and calculated values using the PTF (sample out of the range).

Záver

Metóda PTF zjednodušuje proces určovania priebehu vlhkostných retenčných kriviek, pretože je menej časovo ako aj finančne nákladná. Preto metódy získavania bodov VRK prostredníctvom PTF sú v súčasnej dobe stále viac používané. Priebeh VRK pôdy je možné vypočítať z rovnice (1) s využitím koeficientov PTF (tabuľka 1 a tabuľka 2) a vstupných hodnôt zrnitostných kategórií a redukovanej objemovej hmotnosti. Výsledky získané pomocou PTF vytvorených pre povodie rieky Myjava dobre korešpondujú s výsledkami merania, ale iba v prípade použitia vstupných hodnôt zrnitostných kategórií a redukovanej objemovej hmotnosti z intervalu hodnôt uvedených v tabuľke 3 a tabuľke 4. Ak sa tieto hodnoty pohybujú mimo intervalu výsledky sú diskutabilné, ako je možné vidieť z obr. 9. Záverom možno konštatovať, že uvedené PTF sú vhodné pre získanie bodov VRK pre oblasť povodia rieky Myjava.

PodĎakovanie

Článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt Centrum excelentnosti protipovodňovej ochrany územia ITMS 26240120004 spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a Európskou komisiou v rámci projektu 7RP RECARE, kontrakt č. 603498, ako aj za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory projektu APVV-15-0489 „Analýza sucha viackriteriálnymi metódami štatistiky a data miningu z pohľadu návrhu adaptačných opatrení v krajine“.

Literatúra

- Antal, J. (1989): Ochrana pôdy a lesotechnické meliorácie. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1989. 208 p.
- Atlas krajiny SR (2002): Bratislava: MŽ SR, 344 s.
- Balkovič, J., Orfánus, T., Skalský, R. (2004): Potential water storage capacity of the root zone of cultural phyto-coenoses in the Záhorská nížina lowland – a quantification of soil accumulation function. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 23, No. 4, 393 – 407.
- Bouma, J., Van Lanen, J.A.J. (1987): Transfer function and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In K.J. Beek et al, eds. Quantified land evaluation. Proc Worksh. ISSS and SSSA, Washington, D.C., 106 – 110.
- Brooks, R. H. and Corey, A. T. (1964): Hydraulic Properties of Porous Media. Hydrology Paper No. 3. Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Gomboš, M., Burger, F. (2001): Plná vodná kapacita ťažkých pôd vo vzťahu k ich zrnitostnému zloženiu. *Acta Hydrologica Slovaca*, 2 (2), Ústav hydrológie SAV, Bratislava, 227 – 232.
- Gupta, S.C., Larson, W.E. (1979): Estimating soil water characteristic from particle size distribution, organic matter percent and bulk density. *Water Resources Research*, 15, 1633 – 1635.
- Houšková, B. (2000): Použitie pedotransferových funkcií na výpočet hydrofyzikálnych charakteristík pôdy. Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava, 72 p.
- Matula, S., Miháliková, M., Bábková, K. (2007): Estimation of the Soil Water Retention Curve (SWRC) Using Pedotransfer Functions (PTFs). *Soil and Water Research*, 2007, roč. 2, č. 4, s. 113 – 122. ISSN: 1801-5395.
- Rawls, W. J., Brakensiek, D. L. and Saxton, K. E. (1982): Estimation of soil water properties. *T. ASAE*. 25: 1316 – 1320.
- Renger, M. (1971): The estimation of pore size distribution from texture, organic matter content and bulk density. *Z. Kluturtech, Flurbereinig*, 130, 53 – 67.
- Skalová, J., Štekauerová, V. (2011): Pedotransferové funkcie a ich aplikácia pri modelovaní vodného režimu pôd. STU Bratislava, Nakladateľstvo STU, 101 p.
- Szolgay, J. et al. (2015): Myjava Catchment, Slovakia, čiastková správa WP3 pre projekt RECARE 7RP.
- Šútor, J., Štekauerová, V. (1999): Určovanie bodov vlhkostnej retenčnej čiary zo základných fyzikálnych charakteristík pôdy. In Zb. z III. konferencie „Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia“. ÚH SAV, Michalovce – Zemplínska Šírava, 151 – 157.
- Van Genuchten, M. Th. (1980): A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892 – 898.
- Velebný, V. (1982): *Hydropedológia. Učebná pomôcka na cvičenia*, SVŠT, Bratislava. 173 p.
- Velebný, V., Skalová, J. (1994): *Pôdohospodárstvo a pedológia. Návod na cvičenia*. STU v Bratislave, 177 p.
- Wösten, J.H., Finke, P.A., Jansen, M.J. (1995): Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. *Geoderma*, 66, 227 – 237.
- Wösten, J.H., Lilly, A., Nemes, A., Bas, C. (1999): Development and use of database of hydraulic properties in European soils. *Geoderma*, 70, 169 – 185.
- Pachepsky, Ya., Rawls, W.J. (2004): Development of pedotransfer functions in soilhydrology. Elsevier, 512 s.

THE DETERMINATION OPTIONS PROVIDED FOR WATER RETENTION CURVES FOR RIVER BASIN OF THE MYJAVA RIVER

The main objective of the study presented in this paper was to develop pedotransfer functions (PTF) for the two

soil horizons of the Myjava catchment area. Importance of PTF is very significant, especially in the current trend

of mathematical modelling in soil water transport simulations. One of the most important hydraulic characteristics needed for the study of water transport in the soil is water retention curve (WRC). The determination of WRC points with the available data of the soil properties is methodology, which is based on an assumed dependence of the soil water content and physical and chemical soil characteristics.

The catchment itself is situated in the Western part of Slovakia and encompasses the geomorphological units of Myjava Hills. The Myjava Hills highlands and Chvojníka Hills highlands, which are situated in the upper part of the catchment, belong to the flysch belt of the subregion of the Outer Carpathians. They are mainly formed by sandstone, sandy claystones, claystones and fine conglomerates. Upstream of the River Myjava near the town of Myjava, even calcareous sandstones and limestones can be found. The eastern part of the catchment also contains some areas with dolomites, marls and conglomerates. However, the biggest part of the basin is formed by grey and varied siltstones and claystones covering approximately 30% of the area. The rest of the catchment, which lies in the lowlands situated in its western part, is predominantly formed by calcareous clays, silt and gravel. Most of the catchment lies in the warm and moderately warm regions with mean annual air temperature of 9 °C and mean annual precipitation amount in the interval between 550 and 700 mm.

Undisturbed soil core samples were taken in the Myjava

basin from depths 20–25 cm and 40–45 cm by Kopecký cylinder with constant volume of 100 cm³. The samples were analysed in laboratory conditions and WRC points as well as other properties were determined. For measuring of WRC points were used standard methods for determining discrete points of drying branch WRC for pressure head values -2.5, -56, -209, -558, -976, -3060 and -15300 cm in the pressure equipment. Soil grain size distribution of samples was determined by densimetric method. Principle of the method is the measurement of the specific density of the suspension in the sedimentation cylinder in which the observed density decreases as the result of solid particles' sedimentation. In the calculation the Stokes' law was used.

The methods of obtaining the WRC points through PTFs are currently becoming more popular. The course of the WRC soil is possible to calculate from multiple linear regression equation with use of PTF coefficients for each pressure head ($h_w = -1, -60, -200, -560, -1000, -3000$ cm) and input values of grain – size distribution and dry bulk density. Results gained from using PTF created in this paper correspond well with results measured but only for interval of minimum and maximum values of input physical parameters for the soil layers 20–25 cm and 40–45 cm. If these values are out of the range the results are questionable. In conclusion we can state that PTFs proposed in this article are suitable for obtaining points of WRC for the Myjava catchment area.

Ing. Marcela Maliariková

Ing. Radovan Nosko

Ing. Tamara Látková

doc. Ing. Jana Skalová, PhD.

Mgr. Peter Minarič

Katedra vodného hospodárstva krajiny

Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Radlinského 11

810 05 Bratislava

E-mail: marcela.maliarikova@stuba.sk

radovan.nosko@stuba.sk

tamara.latkova@stuba.sk

jana.skalova@stuba.sk

peter.minaric@stuba.sk