VPLYV MERNEJ HMOTNOSTI PÔDY NA VÝSLEDKY ZRNITOSTNÝCH ROZBOROV

Juraj Jánošík

V praxi v prípade potreby urýchlenia vyhodnotení zrnitostných rozborov sa často použije priemerná hodnota mernej hmotnosti. Preto som sa zameral na zistenie vplyvu mernej hmotnosti na výsledky zrnitostných rozborov. Hodnotenie sa robilo na 20 pôdnych vzorkách odobratých v lokalite mokrade Kláštorské lúky a povodia Bodrogu. Najviac ovplyvňujú pôdne vlastnosti ílovité častice podľa Kopeckého, ktoré sú charakterizované priemerom rovným a menším ako 0.01 mm (I. kategória). Táto kategória je tiež rozhodujúca pri určovaní názvu pôdneho druhu. Hodnotil som rozdiely v zastúpení I. kategórie pri použití rôznych hodnôt mernej hmotnosti pri vyhodnotení zrnitostných rozborov.
KĽÚČOVÉ SLOVÁ: zrnitosť, zrnitostná krivka, merná hmotnosť

EFFECT OF SPECIFIC WEIGHT OF SOIL ON THE RESULTS OF GRAIN ANALYSIS

In practice, if it is necessary to accelerate the evaluation grain analysis is often used average specific gravity. Therefore, I focused on the diagnosis of impact of specific gravity on the results of grain analysis. Evaluation was made on 20 soil samples collected at the site Kláštorské lúky wetland and Bodrog catchment. The clay soil particles by Kopecky are most affecting the properties of soil and they are characterized by a diameter equal to and less than 0.01 mm (I. category). This category is also critical in determining the name of the soil type. I evaluated differences by I. category using different values of specific weight in the evaluation grain analysis.
KEY WORDS: grain, grain curve, specific weight

Úvod

Pôda predstavuje v prírode hlavnú súčasť prostredia pre mnohé organizmy, najmä však pre vyššie rastliny, ktorým poskytuje potrebné živiny a priestor. Dôležitou fyzikálnou charakteristikou pôdy je jej **zrnitosť**, ktorá ovplyvňuje pohyb vody v pôde. Poznanie % zastúpenia zrnitostných kategórií sa využíva na určenie názvu pôdneho druhu. Hodnotí sa podľa obsahu frakcie zŕn veľkosti 0.01 mm stupnicou podľa Nováka. Piesočnatou pôdou prechádza voda oveľa ľahšie ako ílovitou pôdou. Pôda, ktorá obsahuje viac ílovitých častíc má väčší špecifický povrch, a teda aj lepšie sorpčné vlastnosti. Podľa zrnitosti určujeme názvy pôdnych druhov, na jej základe možno vypočítať rozchod drénov pri návrhu systematickej drenážnej siete a možno ju použiť na určenie bodov vlhkostnej retenčnej krivky.

Z uvedeného vyplýva, že určiť percentuálne zastúpenie jednotlivých zrnitostných kategórií, je veľmi dôležité. A v tejto súvislosti vystupuje do popredia aj merná hmotnosť, ktorá ovplyvňuje výsledok zrnitostného rozboru, nakoľko vstupuje do výpočtu. V praxi v prípade urýchleného určenia zastúpenia zrnitostných frakcií, je pri výpočte používaná priemerná hodnota mernej hmotnosti 2.5 $g.cm^{-3}$ (teda nie určená pyknometricky). Preto som sa zameral na zistenie miery vplyvu mernej hmotnosti na výsledok zrnitostného rozboru.

Materiál a metódy

Merná hmotnosť ρ_s je definovaná ako hmotnosť (m_s) jednotkového objemu tuhej pôdnej fázy (V_s).

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \qquad [kg.cm^{-3}, g.cm^{-3}] \qquad (1)$$

Mení sa len veľmi málo, je závislá hlavne od mernej hmotnosti minerálov, z ktorých pôda pozostáva a od obsahu humusu. Minerálny podiel pôdy (kremeň, živce, sľudy...) má mernú hmotnosť 2.6 – 2.7 $g.cm^{-3}$. Prítomnosť železitých minerálov spôsobuje zvýšenie mernej hmotnosti (2.8 – 3.0 $g.cm^{-3}$) a prítomnosť rašeliny naopak zníženie. Merná hmotnosť sa stanovuje pyknometricky (Velebný a kol, 1989) a je nevyhnutným vstupom pri vyhodnotení zrnitostných rozborov (Kutílek a kol, 1984). V hydromelioračnej praxi sa najčastejšie využíva rozdelenie zrnitostných frakcií podľa Kopeckého, ktoré je uvedené v tab.1.

Podrobná klasifikácia zrnitostných frakcií Tabuľka 1

Priemer zŕn [mm]	Názov frakcie		Kopeckého označenie kategórií jemnozeme		klasifikácia USDA
< 0.0001	JEMNOZEM	koloidný íl	ílovité častice < 0.01 mm	I.	íl (clay) < 0.002 mm
< 0.002		fyzikálny íl			
0.002 – 0.01		veľmi jemný prach			prach (silt) 0.002-0.05 mm
0.01 – 0.05		Prach	prach	II.	
0.05 – 0.1		práškový piesok	práškový piesok	III.	piesok (sand) 0.05-2.0 mm
0.1 – 0.2		veľmi jemný piesok	piesok	IV.	
0.2 – 0.5		jemný piesok			
0.5 – 2.0		stredný piesok			
2 – 16	SKELET	drobný štrk			
16 – 63		stredný štrk			
63 – 125		hrubý štrk			
> 125		kameň			

Na určenie názvu pôdneho druhu existuje viacero klasifikačných stupníc a diagramov. Pri riešení problémov vodného režimu pôd sa používajú najčastejšie Kopeckého a Novákova klasifikácia. Kopeckého klasifikačná stupnica pozostáva z 18 pôdnych druhov, ktoré sú vytvorené podľa % obsahu častíc I. a II. kategórie, so zreteľom na III. a IV. kategóriu (tab.2). Novákova klasifikácia je jednoduchšia, berie ohľad len na obsah ílovitých častíc (I. kat.), ktoré sú rozhodujúce pre dynamické deje v pôde, a delí pôdy na 7 pôdnych druhov (tab.3).

Pôvodne boli pôdy podľa obrábateľnosti, teda podľa ľahkosti mechanického spracovania strojmi a náradím, rozdelené na tri skupiny:

- pôdy ľahké, s obsahom 0 – 20 % častíc I.kat.,
- pôdy stredne ťažké, s obsahom 20 – 45 % častíc I. kat.,
- pôdy ťažké, ktoré obsahujú viac ako 45 % častíc I. kat..

Názov pôdy z hľadiska obrábateľnosti je zabudovaný aj do sústavy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ), ktorá je spracovaná pre poľnohospodársku pôdu. V rámci sústavy BPEJ sa pri pôvodnom 5-miestnom kóde používalo rozdelenie pôd podľa zrnitosti (podľa obrábateľnosti pôdy) na 4 kategórie (tab.3). V súčasnosti sa používa 7-miestny kód BPEJ, pri ktorom klasifikácia pôd podľa zrnitosti obsahuje 5 kategórií - stredne ťažké pôdy sú rozdelené na dve skupiny. Tieto kategórie zrnitosti boli vytvorené zoskupením kategórií zrnitosti podľa Novákovej klasifikácie pôdnych druhov.

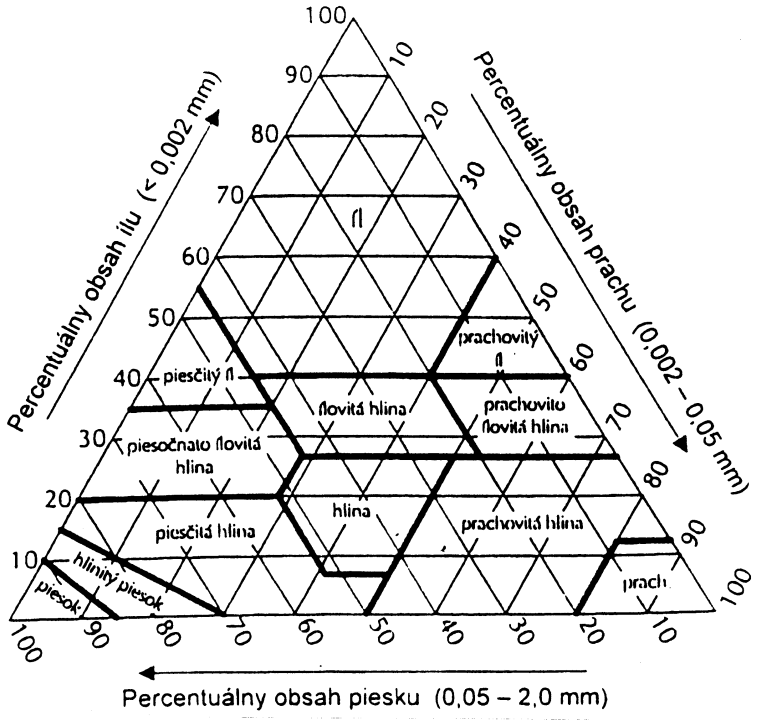
Vo svete je veľmi rozšírená klasifikácia USDA (Soil Survey Manual) (obr.1), založená na textúrnom triedení podľa percentuálneho zastúpenia frakcie piesku, prachu a ílu.

Klasifikačná stupnica pre určenie pôdneho druhu podľa Kopeckého Tabuľka 2

Skupina druhov zemín	Názov pôdneho druhu	Obsah častíc [% hmotnosti]	
		I. kategórie d< 0.01 mm	II. kategórie d = 0.01–0.05 mm
Ílovité zeminy	Íl	> 75	–
	ílovitá zemina	60 –75	< 20
	ílovitá zemina	60 – 75	> 20
	ílovitá zemina s pieskom	50 – 60	< 20
	ílovitohlinitá zemina	50 – 60	> 20
	ílovitopiesočnatá zemina	40 – 50	< 20
	ílovitohlinitopiesočnatá zemina	40 – 50	10 – 20
Hlinité zeminy	ílovitá zemina	45 – 50	> 20
	hlina - I.+II.kat. vyše 45%	10 – 45	> 20
	piesočnatá hlina – I.+II. kat. > 45%, IV. kat.> 20%	10 – 45	> 20
	jemne piesočnatá hlina I.+II. kat. > 45%, III.+IV. kat. > 20%	10 – 45	> 20
Piesočnaté zeminy	piesočnatoílovitá zemina	25 – 40	< 10
	piesočnatoílovitohlinitá zemina	25 – 40	10 – 20
	ílovitý piesok	10 – 25	< 5
	ílovitohlinitý piesok	10 – 25	5 – 10
	hlinitý piesok	10 – 25	10 – 30
	ílovito zakalený piesok	< 10	< 10
	slabo hlinitý piesok	< 10	> 10

Klasifikácia pôd podľa zrnitosti používaná v rámci sústavy BPEJ Tabuľka 3

Obsah častíc I.kat. [% hm.]	Označenie druhu pôdy (podľa Nováka)	Názov pôdy z hľadiska obrábateľnosti	Kód zrnitosti v sústave BPEJ	
			5-miestnej	7-miestnej
0 – 10	piesočnatá	ľahké pôdy	**1**	**1**
10 – 20	hlinitopiesočnatá			
20 – 30	piesočnatohlinitá	stredne ťažké pôdy	**2**	**5**
30 – 45	hlinitá			**2**
45 – 60	ílovitohlinitá	ťažké pôdy	**3**	**3**
60 – 75	ílovitá			
nad 75	íl	veľmi ťažké pôdy	**4**	**4**



Obr.1 Trojuholníkový diagram USDA pre určenie pôdneho druhu

Najjednoduchší spôsob zrnitostného rozboru je preosievanie na sitách s určitým priemerom ôk. Nemožno ho však použiť pre určenie % zastúpenia jemných častíc, kde sú používané nepriame metódy:

- zrnitostný rozbor vyplavovaním v Kopeckého prístroji,
- zrnitostný rozbor pipetovacou metódou,
- hustomerná (areometrická) metóda podľa Cassagrandeho,
- metóda opakovanej sedimentácie (dekantačná metóda),
- laserová metóda.

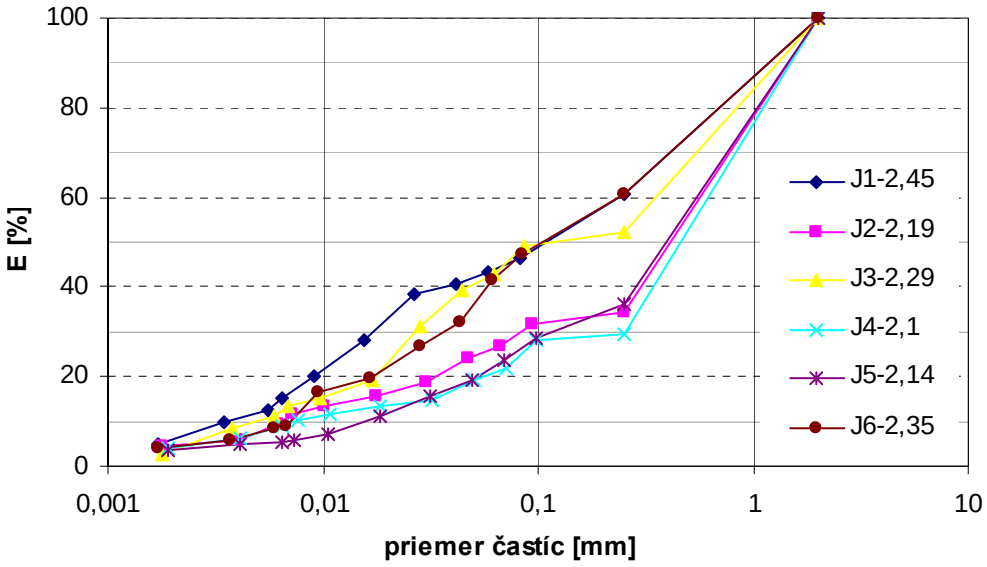
Väčšina metód je založená na aplikácii Stokesovho zákona, ktorý udáva základný teoretický vzťah medzi priemerom častice guľovitého tvaru a rýchlosťou jej rovnomerného pádu v tekutine, ktorý je vyvolaný len účinkom tiaže. Čiastočka sférického tvaru padajúca v tekutine zväčšuje svoju rýchlosť s časom len do okamihu, keď sila odporu kladeného prostredím (trenie) bude v rovnováhe s tiažovou silou zmenšenou o vztlak, pôsobiacou na čiastočky. Po tomto momente je rýchlosť čiastočky konštantná a závisí od jej mernej hmotnosti ρs, dynamickej viskozity tekutiny **η**, polomeru **r** a od hodnoty tiažového zrýchlenia g podľa Stokesovho zákona:

$$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho_s-\rho_0)g=6\pi\eta v \qquad (2)$$

Podrobný opis jednotlivých metód sa nachádza v odbornej literatúre (napr. Velebný a kol, 1994), preto ich neuvádzam.

Na experimentálne meranie – bola použitá hustomerná metóda a merná hmotnosť, ktorá bola zistená ako hmotnosť m_s jednotkového objemu tuhej pôdnej fázy V_s.

Zrnitostný rozbor hustomernou metódou bol uskutočnený na 20 vzorkách, ale pre tento príspevok som vybral výsledky 6 pôdnych vzoriek odobratých z lokality mokrade Kláštorské lúky s označením ako J1 až J6. Ostatných 14 vzoriek, ktoré neuvádzam, boli odobraté z lokality Bodrogu. Vzorky boli vysušené v sušiarni do konštantnej hmotnosti, boli rozdrvené a preosiate cez sito o veľkosti 2 mm. Takto sme získali jemnozem, z ktorej sme odvážili 30 g. Takto získané vzorky sme preparáciou varom pripravili na samotný zrnitostný rozbor. Po skončení hustomernej metódy bol obsah sedimentačného valca preliaty cez sito s priemerom ok 0.25 mm za účelom zistenia tzv. doplnkového bodu zrnitostnej krivky, nakoľko častice väčších priemerov nemožno zistiť prostredníctvom hustomernej metódy. Obsah na site sme dali vysušiť do konštantnej hmotnosti, odvážili a zistili %-zastúpenie. Zrnitostný rozbor bol vyhodnotený pomocou výpočtového programu a následne boli vynesené krivky zrnitosti pre jednotlivé pôdne vzorky, ktoré sú znázornené na obr. 2.



Obr. 2 Zrnitostné krivky vzoriek pôdy označených J1 až J6 odobratých na Kláštorských lúkach (v legende je pre každú vzorku uvedená merná hmotnosť v $g.cm^{-3}$ zistená pyknometricky)

Výsledky

Analyzovaných bolo 20 vzoriek pôdy. Podrobnejšie výsledky sú uvedené len pre 6 vzoriek. Merná hmotnosť bola určená pyknometricky, pričom boli vypočítané nasledovné hodnoty pre jednotlivé vzorky z lokality Kláštorské lúky:

vzorka č.1 – J1	2.448 $g.cm^{-3}$
vzorka č.2 – J2	2.186 $g.cm^{-3}$
vzorka č.3 – J3	2.291 $g.cm^{-3}$
vzorka č.4 – J4	2.101 $g.cm^{-3}$
vzorka č.5 – J5	2.137 $g.cm^{-3}$
vzorka č.6 – J6	2.346 $g.cm^{-3}$

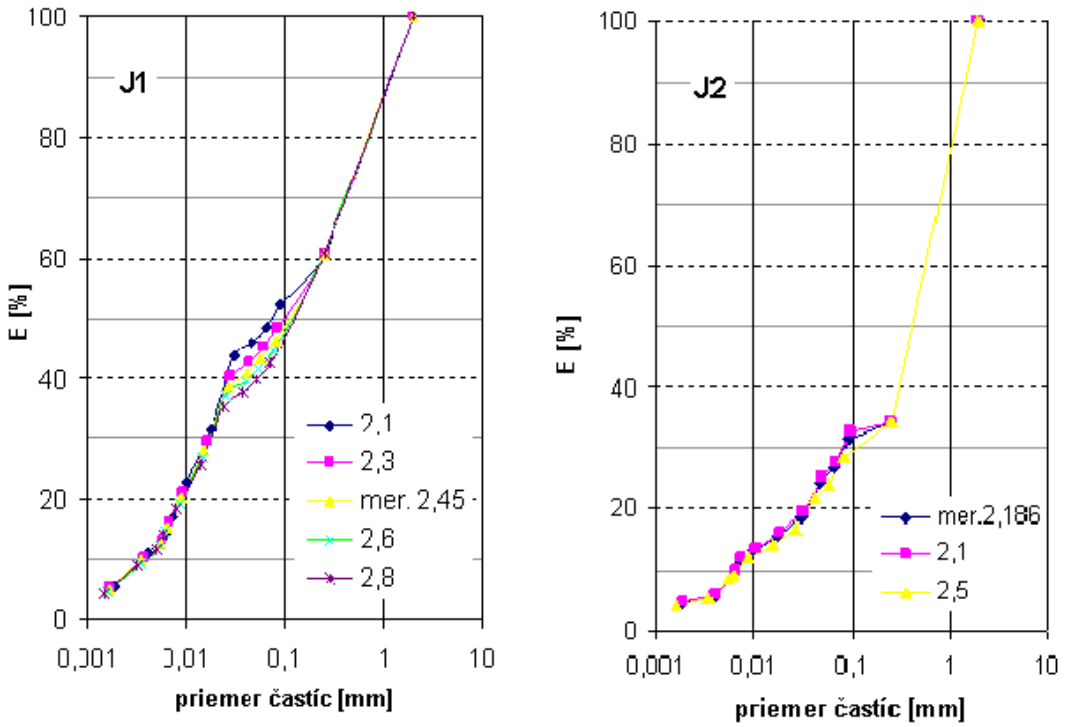
Zistené hodnoty mernej hmotnosti sa pohybujú v rozpätí 2.101 až 2.448 $g.cm^{-3}$. Niektoré hodnoty vybočujú z rámca priemerných hodnôt mernej hmotnosti (vzorky č.2, 3, 4 a 5), čo je odrazom skutočnosti, že vzorky pochádzajú z mokradnej oblasti a v pôde sa nachádza menej minerálnych častíc.

Keďže mojou úlohou bolo zistiť vplyv mernej hmotnosti na výsledky zrnitostných rozborov, a teda aj na krivku zrnitosti, v ďalšej časti som pri vyhodnotení údajov nameraných hustomernou metódou použil volené hodnoty mernej hmotnosti. Voľba hodnôt ρ_s sa odvíjala od nameranej hodnoty ρ_s a aj najčastejšie sa vyskytujúceho rozpätia mernej hmotnosti, ktoré je 2.3 až 2.6 g.cm^{-3}. Grafické znázornenie týchto kriviek zrnitosti pre vzorku J1 a J2 je na obr. 3, pre vzorku J3 a J4 je na obr. 4, pre vzorku J5 a J6 je na obr.5.
Z takto vypočítaných a zostrojených kriviek zrnitosti bol zistený % obsah I. kategórie, ktorý pre vzorky J1 až J6 je uvedený v tabuľke 4.

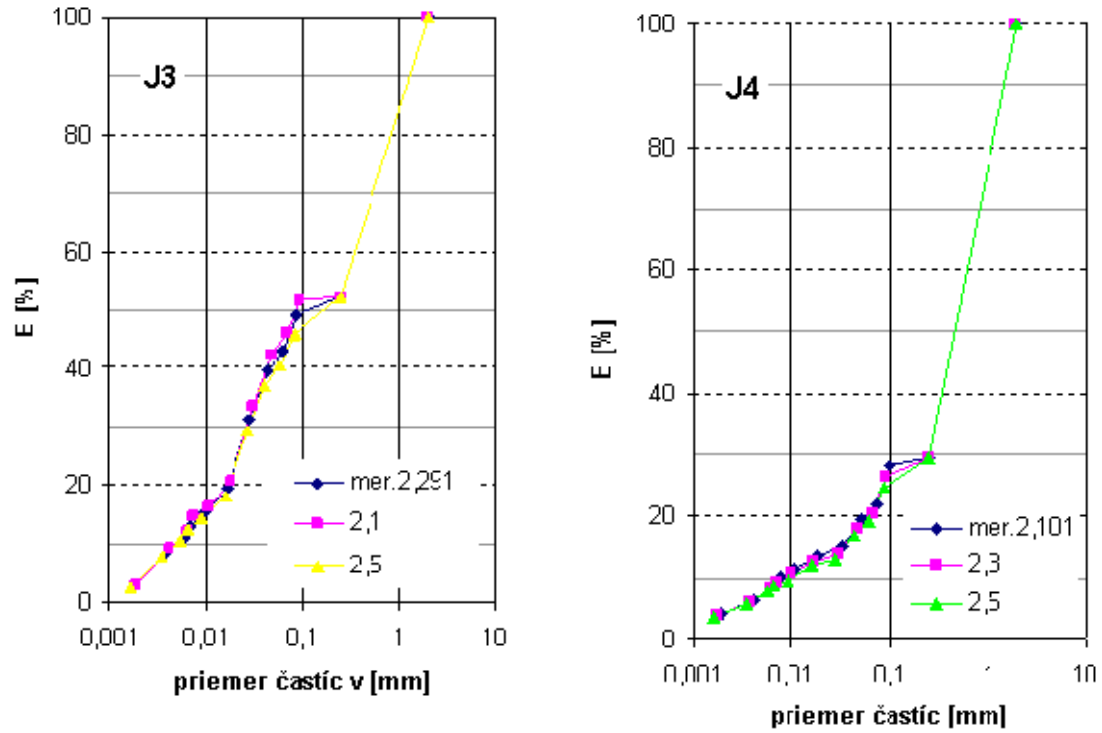
Obsah zrnitostných kategórii (%) pre pôdne vzorky pri nameranej (je zvýraznená tučne) a volených merných hmotnostiach ρ_s

Tabuľka 4

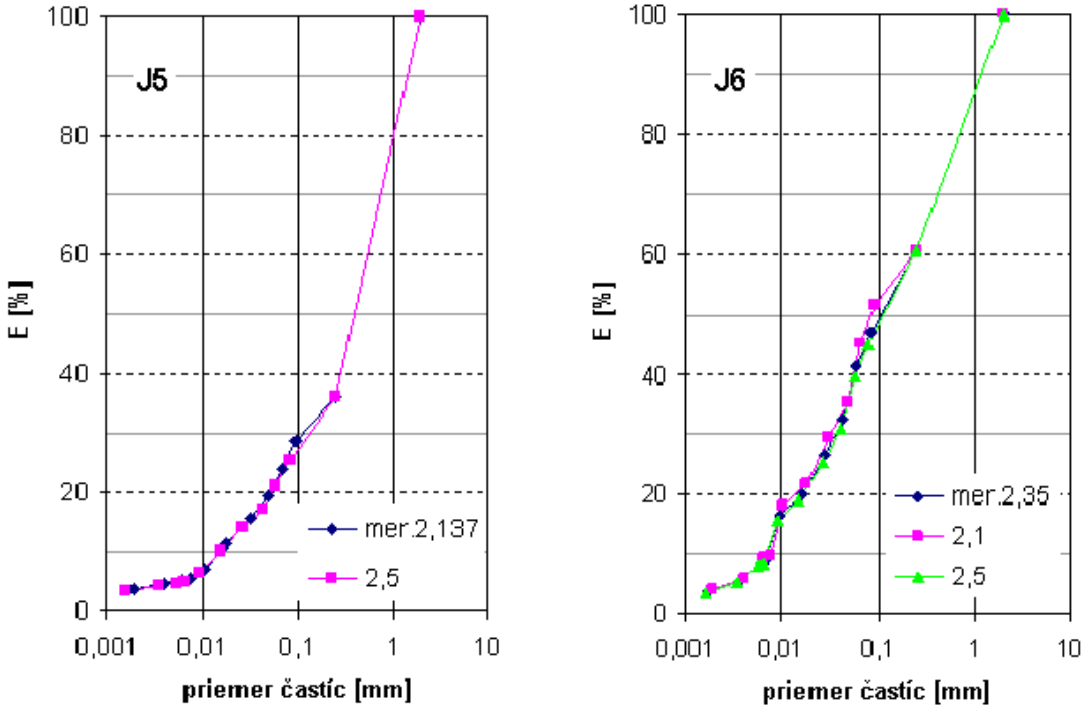
vzorka	**ρ_s [g.cm^{-3}]**	**Zrnitostné kategórie podľa Kopeckého**			
		I	**II**	**III**	**IV**
		% obsah			
J1	2.1	22.10	24.35	6.30	47.24
	2.3	21.70	21.88	6.03	50.39
	2.45	**21.36**	**20.63**	**6.00**	**52.01**
	2.6	21.13	19.56	6.03	53.29
	2.8	20.93	18.40	6.11	54.55
J2	2.1	12.85	12.32	7.58	67.26
	2.186	**12.95**	**11.58**	**7.16**	**68.31**
	2.5	12.23	10.67	6.23	70.87
J3	2.1	15.51	27.33	9.74	47.42
	2.291	**15.40**	**25.18**	**8.58**	**50.84**
	2.5	14.90	23.94	7.81	53.35
J4	**2.101**	**8.44**	**10.91**	**8.99**	**71.67**
	2.3	7.92	10.53	7.99	73.56
	2.5	7.93	9.89	7.35	74.83
J5	**2.137**	**6.81**	**12.75**	**9.28**	**71.17**
	2.5	6.73	12.04	7.66	73.57
J6	2.1	16.58	19.64	15.76	48.02
	2.35	**16.73**	**18.91**	**12.75**	**51.62**
	2.5	16.25	19.25	11.38	53.11



Obr.3 Zrnitostná krivka vzorky J1 pri nameranej (2.45 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnostiach (2.1 – 2.3 – 2.6 – a 2.8 g.cm^{-3}) a vzorky J2 pri nameranej (2.186 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnostiach (2.1 a 2.5 g.cm^{-3})



obr. 4 Zrnitostná krivka vzorky J3 pri nameranej (2.291 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnostiach (2.1 a 2.5 g.cm^{-3}) a vzorky J4 pri nameranej (2.1 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnostiach (2.3 a 2.5 g.cm^{-3})



obr. 5 Zrnitostná krivka vzorky J5 pri nameranej (2.137 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnosti (2.5 g.cm^{-3}) a vzorky J6 pri nameranej (2.35 g.cm^{-3}) a volených merných hmotnostiach (2.1 a 2.5 g.cm^{-3})

Najviac ovplyvňujú pôdne vlastnosti ílovité častice, ktoré sú charakterizované priemerom rovným a menším ako 0.01 mm, čo je I. kategória. Preto som zisťoval rozdiely v % obsahu I. kategórie, ktoré boli určené z vyhodnotenia zrnitostného rozboru s nameranou a zvolenými mernými hmotnosťami. Už z vizuálneho hodnotenia (obr.3 až 5) vyplýva, že rozdiely sú malé. Vychádzajúc z tab. 4 sa pre pôdnu vzorku J1 tento rozdiel pohybuje v rozpätí 0.2-0.7 %, pre vzorku J2 v rozpätí 0-0.7 %, pre vzorku J3 v rozpätí 0.1-0.5 %, pre vzorku J4 v rozpätí 0-0.5 %, pre vzorku J5 v rozpätí 0-0.08 % a pre vzorku J6 v rozpätí 0.15-0.48 %, teda zistené rozdiely sú malé.

Záver

Zrnitosť pôdy významnou mierou ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy. V praxi v prípade promptného určenia zastúpenia zrnitostných frakcií sa zvykne pri výpočte použiť priemerná hodnota mernej hmotnosti. Preto som sa zameral na zistenie vplyvu mernej hmotnosti na výsledky zrnitostných rozborov. Hodnotenie sa robilo na 20 pôdnych vzorkách odobratých v lokalite mokrade Kláštorské lúky a povodia Bodrogu.

Najviac ovplyvňujú pôdne vlastnosti ílovité častice, ktoré sú charakterizované priemerom rovným a menším ako 0.01 mm, čo je I. kategória. Z toho dôvodu som analyzoval rozdiely v % obsahu I. kategórie, pričom pre hodnotené pôdne vzorky sa tento rozdiel pohybuje do 0.7 %, teda zistené rozdiely sú malé.

Z uvedeného vyplýva, že pri vyhodnotení zrnitostných rozborov a to najmä v prípadoch, kedy nie je k dispozícii dostatok časového priestoru na jej zmeranie v laboratóriu, možno použiť priemernú hodnotu mernej hmotnosti 2.5 $g.cm^{-3}$.

Zoznam použitej literatúry:

Velebný, V. – Novák, V. (1989) – Hydropedológia, SVŠT Bratislava,130 s.
Kutílek, M. (1984) –SNTL – Vlhkost pórovitých materiálů, NTL Praha, 211 s.
Velebný, V. – Skalová, J. (1994) – Pôdohospodárstvo a pedológia – Návody na cvičenia, SVŠT Bratislava, 177s.

Poďakovanie

Autor ďakuje za finančnú podporu z projektov APVV–0271–07 a VEGA 1/0585/08, za pomoci ktorých vznikol tento príspevok.

EFFECT OF SPECIFIC WEIGHT OF SOIL ON THE RESULTS OF GRAIN ANALYSIS

Grain primarily enters the soil physical, chemical and biological properties. In practice, for prompt determination of representation grain fraction tends to be used in calculating the value of the selected specific gravity. Therefore, I focused on the diagnosis of impact of specific gravity on the results of grain analysis. Evaluation was made on 20 soil samples collected at the site Kláštorské lúky wetland and Bodrog catchment.

The clay soil particles are most affecting the properties of soil and they are characterized by a diameter equal to and less than 0.01 mm, which is called I. category. Therefore, I found differences in percent of content in I. category, while for the evaluated soil samples are this difference varies up to 0.7%, thus the differences observed are small.

It follows that in the evaluation grain analysis can be used average specific gravity of 2.5 $g.cm^{-3}$, and especially in cases where not enough time is for the measuring in the laboratory.

Ing. Juraj Jánošík
Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
juraj.janosik@stuba.sk