POUŽITIE NOVÝCH METÓD MERANIA VLHKOSTI PÔDY ZA ÚČELOM OPTIMALIZÁCIE VODNÉHO REŽIMU PÔD

Viliam Nagy, Vlasta Štekauerová

Vodný režim zóny aerácie pôdy vyjadruje priebeh integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy počas sledovaného obdobia. Závisí od rôznych faktorov. Jeho dlhodobé sledovanie umožňuje klasifikovať vodný režim pôd v určitej lokalite, resp. regióne, z rôznych pohľadov: hydrologického, ekologického, agronomického a podobne. Pre kvantifikáciu vodného režimu pôd sa využíva vlhkostný režim pôd, ktorý si vyžaduje stanovenie priebehu vlhkosti pôdy v danom časovom intervale v jednotlivých horizontoch zóny aerácie pôdy. Vlhkostný režim zóny aerácie pôdy je možné určiť monitoringom, t.j. priamym meraním vlhkosti pôdy v jednej, resp. viacerých vertikálach vo vybraných lokalitách tak, aby termíny medzi meraniami boli čo najmenšie. Monitoring vlhkosti pôdy je náročný na čas, prístroje, pracovníkov, ale má svoje nezastupiteľné miesto. Získajú sa priebehy vlhkostí v pôdnom profile počas celého roku s dostatočnou presnosťou. Metódy na meranie vlhkosti pôdy prešlo mnohoročným vývojom. Cieľom práce je podať informáciu o najnovších metódach merania vlhkosti pôdy, ktoré boli vyvinuté a použité na vyhodnotenie vlhkostného režimu pôd v niektorých zahraničných lokalitách v oblasti Dunaja.

Kľúčové slová: vlhkosť pôdy, senzorI, kapacitná metóda, neutrónová sonda

***Using of new methods of soil water content measurement for intention of soil water regime optimalization**. Soil water regime express course of soil integral water content during yeasr. It depends on various factors. Soil water regime of localities or regions can be assessed from this course from point of view of hydrology, ecology,agricultural and so on. For qualification of soil water regime was used the soil moisture regime, which requires to assessed of course of soil moisture within given time intervals in each horizon of the all aeration zone. It is possible to specify the soil moisture regime of the aeration zone with monitoring, measuring directly the soil moisture in one or more verticals from chosen locations, so the terms are shottest possible, between the measurements. The monitoring is time, equipment and workers consuming, but has its hight importance. With monitoring of soil profiles we receive precise data of the behaviour of the soil moisture during the whole year. Methods of soil moisture measurement were developed many years. The aim of the contribution is to inform about new methods. They were used to assess of soil water regime in localities on both side of Danube.*

Key words: soil water content, senzor I, capacity method, neutron probe

---

ÚVOD

Vodný režim zóny aerácie pôdy vyjadruje priebeh integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy počas sledovaného obdobia.Jeho dlhodobé sledovanie umožňuje jeho klasifikáciu z rôznych hľadísk, ako z: hydrologického, ekologického, agronomického a podobne.Pri každom pohľade dôležitú úlohu hrajú hydrofyzikálne charakteristiky daného druhu pôdy, pomocou ktorých sa sleduje aktuálny integralny obsah vody v pôde, podľa potreby v determinovanej vrstve, z rôzneho hľadiska ako napríklad: ochrana proti povodniam, ekológia regionu, produkcia potravín, produkcia biomasy pre alternatívne zdroje energie a podobne. V každom zo spomínaných odvetví je potrebné monitorovať sezónný, ročný alebo aj dlhodobejší chod pôdnej vlhkosti. Táto práca je veľmi náročná na čas, prístrojové vybavenie, na počet pracovníkov a na financie. Vyžaduje veľa terénnej ako aj laboratórnej práce, vyžaduje značné finančné zdroje, ale zatiaľ monitorovanie chodu vlhkostného režimu nie je nahraditeľné, lebo má svoje nezastupiteľné miesto. Získajú sa priebehy vlhkostí v pôdnom profile počas celého roku s dostatočnou presnosťou. Z viacročných monitorovaných hodnôt vlhkostných profilov možno vypočítať trend vývoja integrálneho obsahu vody v jednotlivých horizontoch alebo v požadovaných vrstvách pôdneho profilu a vyhodnotiť ho vo vzťahu k zabezpečenosti porastu vodou.
Dopad klimatických zmien ovplyvňuje integrálny obsah vody v pôde a tým aj zabezpečenosť porastu vodou (Štekauerova, Nagy, 2001a; Šútor a kol., 1999; Šútor, Rehák, 1999b; Mikulec a kol., 2001; Majerčák a kol., 1999; Šútor, 2000b; Štekauerova 2001;).

Výsledky z monmitorovania vlhkosti pôdy sú v centre záujmu ekológov a poľnohospodárov pre hodnotenie zásob vody v pôde, pre zásobovanie rastlinného krytu vodou, geografov za účelom hodnotenia retenčných vlastností jednotlivých horizontov pôd, hydrológov pre kvantifikáciu smeru pohybu vody v zóne aerácie pôdy ako časti hydrologického cyklu, odborníkov pre ochranu podzemných vôd proti znečisteniu prienikom látok rôzneho druhu a pôvodu z pôdneho profilu, odborníkom z oblasti závlahového hospodárstva pre zefektívňovanie závlah polnohospodárskych plodín, krajinným inžinierom pre kvantifikáciu akéhokoľvek navrhovaného zásahu do prírodného prostredia a na posúdenie dopadu globálnej klimatickej zmeny (Štekauerová, 2002).
Cieľom práce je podať informáciu o najnovších metódach merania vlhkosti pôdy, ktoré boli vyvinuté a použité na vyhodnotenie vlhkostného režimu pôd v niektorých zahraničných lokalitách v oblasti Dunaja.

METÓDY MERANIA VLHKOSTI PÔDY

Meracie metódy vlhkosti pôdy prešli mnohoročným vývojom delíme ich na niekoľko skupín podľa požadovanej podľa toho akú veličinu merajú, či sú priame alebo nepriame. Je uvedený stručný prehľad meracích metód používaných na meranie vlhkosti pôdy.

- Gravimetrická metóda
- Odporová metóda
- Kapacitná metóda
- Gammaskopická metóda
- Neutrónová sonda
- Na základe merania koncentrácie látok
- Reakčnej teploty
- Karbidová metóda
- Klorometrická metóda
- Na princípe tepelnej vodivosti pôdy
- TDR metóda
- Na základe mikrovlnného žiarenia
- Na základe magnetickej rezonancie
- Na základe odsávania vlhkosti
- Viacparametricke metôdy
- Penetrometer
- Szenzor I

Práca sa v ďalšom bude venovať len niektorým z týchto metód.

A. Gravimetrická metôda, ktorá slúžila ako základná a definičná metóda (6) s presnosťou merania 0,01%, a ktorá slúži aj na kalibráciu iných metód.
B. Neutrónová sonda
C. Kapacitná metóda
D. Senzor I

Posledné dve metódy boli pomocou Neutrónovej sondy a gravimetrickej overované v rámci medzinárodného Slovensko-Maďarského projektu.
Na UH-SAV sa v súčastnosti používa na monitorovanie sezónneho chodu pôdnej vlhkosti neutrónová sonda doplnená gravimetrickou metódou pre vrstvy 0-10cm. Nakoľko táto metóda v rámci vyspelých štátov a EÚ začína byť utlmovaná kvôly možnému znečisteniu okolia, nákladnému uskladneniu, nutnej ročnej kontrole tesnosti a nutnosti sledovania dávky žiarenia u obsluhujúceho personálu je požiadavka hladať novú metódu, ktorá bude výhodnejšia a plne vyhovie požiadavkám kladeným z hľadiska ďalšieho výskumu a monitorovania pôdnej vlhkosti a jeho sezónneho chodu.

V rámci spolupráce na medzinárodnom projekte - Hydropedologické základy pestovania rastlín na poľnohospodárských pôdach so zvláštným zreteľom na Žitný Ostrov a Szigetkoz- ÚH SAV spolu so Západomaďarskou Agrárnou univerzitou v Mosonmagyaróvári a Agrárnou univerzitou v Debrecíne boli overené metódy C a D pre sledovanie sezónneho chodu pôdnej vlhkosti. Súčastný smer vývoja meracích prístrojov sa snaží vyhovieť rastúcim požiadavkám na množstvo aktuálných údajov a ich presnosť súčastne. Vývoj počítačovej techniky otvára nové možnosti zhodnotenia výsledkov ale aj kladie zvýšený nárok na kvantitu a kvalitu vstupných údajov. Preto je nutné vyvynúť buď nové metódy a prístroje alebo z už jestvujúcich pomocou novej techniky vytvoriť modernizovanú a pre požiadavky vyhovujúcu metódu, t.j. zmodernizovať, zdokonalovať už existujuce pristroje a metódy.V rámci spolupráce boli overené dve meracie metódy:

A. Zdokonalená kapacitná sonda pod názvom BR-150 vyvinutá Maďarskou akadémiou vied, na Ústave Agrochémie a Pôdoznalecstva, ktorá je používaná Agrárnou Univerzitou v Mosony a slúži na monitorovanie sezónneho chodu pôdnej vlhkosti pre Szigetkoz v 60 merných bodoch.

B. Inteligentný Senzor z Agrarnej Univerzity Debrecín vyvinutý kolektívom prof. Sinórosa. Metóda pracuje na známom princípe hydromolekulárnej polarizácie, čo v praxi znamená vytvorenie silného elektromagnetického poľa so stabilizovanou energiou, ktorého polaritu v rámci určených pravidiel meníme. Polarizačný čas je priamo úmerný počtu molekúl vody H_2O, t.j. dlhší čas väčšia vlhkosť, mensí čas menšia vlhkosť. Zmena magnetického poľa sa deje podľa dopredu určenej frekvenčnej úrovne.

Pre meranie podnej vlhkosti v rôzných hĺbkách (podľa požiadaviek), je zostrojená špeciálna sonda zavedená do pôdy s podobným systémom ako TDR. Senzory su dvojmo izolované a s pôdou neprichadzajú do priamého styku. Merajú nepretržite v čase, aby požadovaná aktuálna hodnota vlhkosti mohla byť určená pre požadovaný čas. Pre tento pripad je v sonde zabudovaná pämať, z ktorej sa dajú hodnoty odčitať podľa potreby, alebo sa dá nastaviť požadovaný čas merania počas dňa alebo sezóny. Nameraní hodnoty sa dajú preniest na pocitač modulárne, alebo pomocou rádiových vĺn (napr. mobilný telefón). Údaje sa udávajú v percentách poľnej voľnej kapacity.

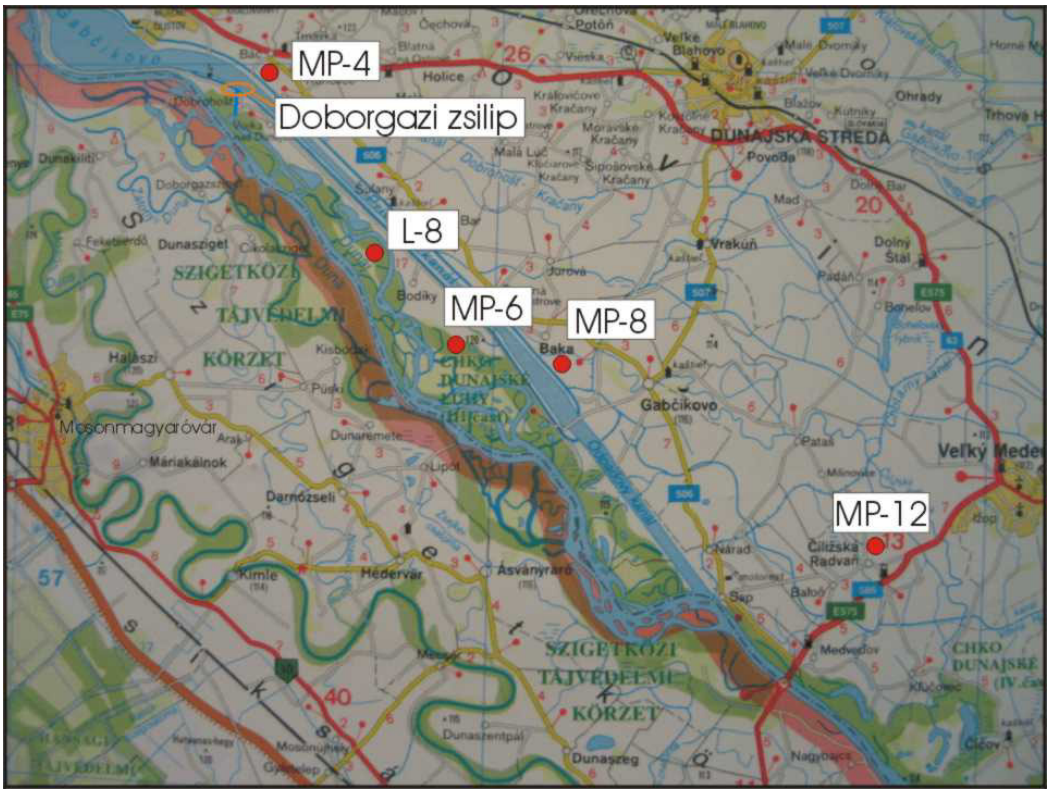
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Porovnanie hodnôt meraných vlhkostí pôdy uvedenými metódami sa vykonalo na 10-tich pozorovacích bodoch, 5 na Maďarskej a 5 na Slovenskej strane. Pozorovacie miesta boli vybraté, aby zabrali celú škálu vyskytujúcích sa pôd a zároveň bolo zohľadnené aj ich využitie. Z pôd boli vybrané ťažke, poloťažké a ľahké pôdy. Podľa využitia sa jednalo o lesné ekosystémy z inundačního územia Dunaja (lužné lesy) a poľnohospodársky intenzývne využívaná pôda.

Príslušné lokality a ich umiestnenie na obidvoch stranách Dunaja (slovenskej a maďarskej) sú zobrazené na obrázkoch 1 a 2.

Porovnanie výsledkov meraní pôdnej vlhkosti neutrónovou sondou a kapacitnou metódou BR150

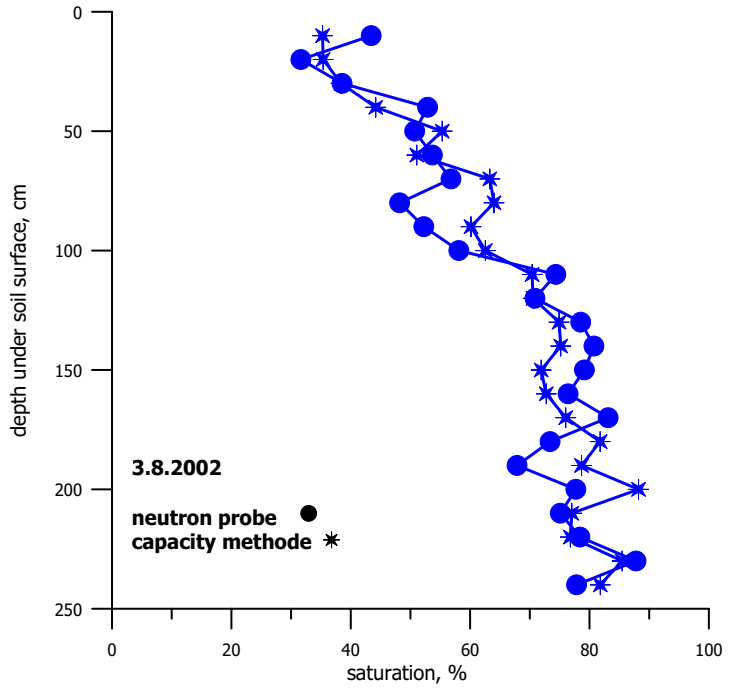
Na obr.3 sú zobrazené hodnoty nasýtenosti pôdy vodou, ktoré boli vypočítané z nameraných hodnôt vlhkosti pôdy metodou kapacitnou KS BR150 a metódou neutrónovej sondy NS.
Nasýtenosť pôdy bola vypočítaná ako pomer nameranej aktuálnej vlhkosti a hodnoty vlhkosti pôdy (Θ_S), ktorá bola úplne nasýtena vodou. Θ_S bola určená na izolovaných vzorkách v laboratóriu pre každý pôdny horizont.



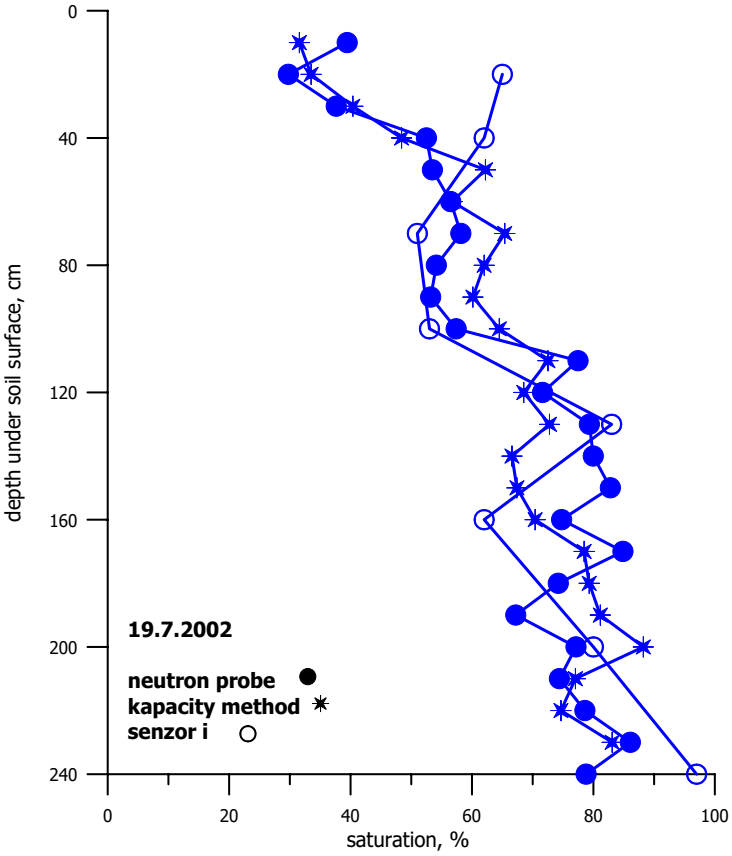
Obr.1 Mapa oblasti kde boli situované odberné miesta na Slovensku(Žitný Ostrov).
Fig. 1 Map of area where localities of Slovakia (Žitný Ostrov) were located.



Obr..2 Mapa oblasti kde boli situované odberné miesta v Maďarsku(Szigetköz).
Fig. 2. Map of area where localities of Hungary (Szigetköz) were located.



Obr. 3. Stupeň nasýtenosti pôdy vodou meraný neutrónovou sondou a kapacitnou metódou
Fig. 3. Saturation of soil measured by capacite method and neutron probe.



Obr. 4. Stupeň nasýtenosti pôdy vodou meraný neutrónovou sondou, kapacitnou metódou a senzorom I
Fig. 4. Saturation of soil measured by capacite method, neutron probe and senzor I.

Po štatistickom spracovaní a porovnaní nameraných hodnôt obidvomi metódami sme dospeli k záveru, že koeficient korelácie sa pohybuje okolo 0,82-0,91 čo je podobné, ako uvádzajú zdroje v súčastnej literatúre (MTA – TAKI 2003-2004 083-090, Barcelona 1990-1995 085-090).

Hodnoty korelačných koeficientov sú uvedené v tabuľke 1 a grafické zobrazenie nameraných vlhkostných profilov je na obrázku 4..

Tab. 1. Koeficient korelácie pre hodnoty namerané v roku 2002 neutrónovou sondou a kapacitnou metódou
Tab. 1. Correlation coefficient of soil moisture measured in yaer 2002 by capacite method and neutron probe.

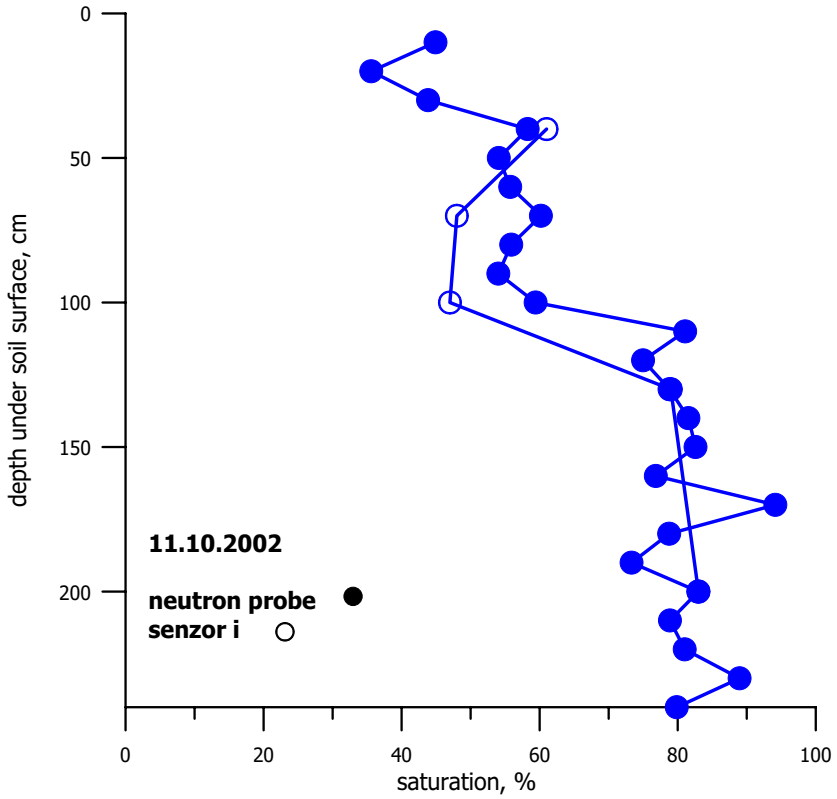
Dátum	**Neutronova sonda Kapacitná metoda**
	Koeficient kolerácie „r“
24. 05. 2002	0, 826594
06. 06. 2002	0. 850506
20. 06. 2002	0. 859911
04. 07. 2002	0. 894080
19. 07. 2002	0. 909511
03. 08. 2002	0. 909127
16. 08. 2002	0. 906805
30. 08. 2002	-
18. 09. 2002	-
11. 10. 2002	0. 892831
26. 10. 2002	-
15. 11. 2002	0.837918

Na obr.5 sú zobrazené hodnoty nasýtenosti pôdy vodou, ktoré boli vypočítané z nameraných hodnôt vlhkosti pôdy metodou neutrónovej sondy NS senzorom I.

Porovnaním vlhkostných profilov nameraných neutrónovou sondou a I senzorom bola zistená tiež úzka súvislosť čo vzjadrujú koeficienty kolerácie, ktorých hodnota bola v intervale hodnôt 0,85-0,94, tab. 2.

Tab. 2. Koeficient korelácie pre hodnoty namerané neutrónovou sondou a senzorom I
Tab. 2. Correlation coefficient of soil moisture measured by capacite method and senzor I

dátum	**Neutrónová sonda I senzor**	**Neutrónová sonda I senzor**
	r^2	koeficien r
24. 5. 2002	0, 891114	0, 943988
6. 6. 2002	0, 910078	0, 935980
20. 6. 2002	0, 748203	0, 864987
19. 7. 2002	0, 805232	0, 897347
3. 8. 2002	0, 722822	0, 850189
11. 10. 2002	0, 857483	0, 926600
15. 11. 2002	0, 878511	0, 937290



Obr. 5. Stupeň nasýtenosti pôdy vodou meraný neutrónovou sondou a senzorom I
Fig. 5. Saturation of soil measured by neutron probe and senzor I.

ZÁVER

Boli porovnané tri metódy merania vlhkosti pôdy v poľných podmienkach: kapacitná metóda, neutrónová sonda a senzor I. Senzor I (ako najnovšia metóda) bol porovnaný s uvedenými dvomi metódami.

1. Senzor I, ktorý pracuje na základe hydromolekulárnej polarizácie je vyhovujúci pre meranie pôdnej vlhkosti.
2. Při porovnaní s meraniami vlhjkosti pôdy neutronovou sondou a kapacitnou metodou sa koeficienty korelácie pohzbujú rozmedzí 0,85 až 0,94, čo vyjadruje veľkú tesnosť výsledkov.
3. Početnosť merania senzorom I je nastaviteľná a namerané hodnoty sú archivované priamo prístrojom po dobu jedného roka.
4. Senzor I môže merať nepretržite a namerané hodnoty je možné vyhľadať spätne.
5. Namerané hodnoty možno získať pomocou vysielača alebo ak modul je napojený na počítač pomocou príkazu vyhladať požadovaný údaj v databáze.
6. Namerané hodnoty su vyjadrené v percentách hodnoty nasýtenej vlhkosti pôdy, čo je neobvyklé (je nutné pre každý pôdny horizont v ktorom prebieha meranie túto hodnotu poznať).
7. Pristroj je schopný pomocou programu cez modul riadiť závlahový systém a na sledovanom území udržiavať vlhkosť pôdy v dopredu dohodnutom intervale.
8. Merania sú po počiatočnej inštalácií automatické, nepožadujú obsluhujúci personál čím sú náklady nižšie ako u ostatných meracích metód.
9. Metódy neutrónovej sondy a kapacitnej metódy majú svoje nevýhody v tom, že vyžadujú obsluhujúci presonal pri meraniach a namerané hodnoty treba spracovať a načítať do počítača.
10. U neutrónovej sondy je nebezpečná rádioaktivita, žiarenie ktoré u obsluhujúcého personálu treba stále kontrolovať a sú potrebné kontroly tesnosti prístroja.

11. Výhodou kapacitnej metódy a neutrónovej sondy oproti senzoru I je, že meracie sondy možno prenášať, to znamená, možno operatívnejšie meniť miesta merania, ďalej na meranie je potrebný 1 kus y týchto meracích metód. Pri použití senzora I treba v každom meracom bode použiť samostatný prístroj. Tieto pristroje potom potrebné chrániť proti odcudzeniu a poškodeniu.

Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky na základe Zmluvy č. APVT-51-019804 a Zmluvy č. APVT-51-044802 a agenturou VEGA č.2/5018/5.

Literatura:

Štekauerová V., Nagy V., Maniak S.: (2004) Vlhkostné pomerý pôd na obydvoch stranach Dunaja. Acta Hydrologica Slovaca, No 2. 168-186 s.

Nagy V.: (2004) Hydropedologické základy pestovania rastlín na poľnohospodárskych pôdach zo zvlástným zreteľom na Žytný Ostrov a Szigetköz. PhD Mosonmagyaróvár,

Rajkai K.: (2004) A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA-TAKI, Budapest

Šútor J., Štekauerová V.: (2000) Hydrofyzikálne characteristiky pôd Žytneho Ostrova. UHSAV, Bratislava

Štekauerová V.: (1988) Simulácia pohybu vody v polnohospodársky využívánej pôde. J. Hydrol. Hidromech., 1988, 6, 417-429 s.

Kordik D., Lichner L.: (1996) Metrológia vlhkosty tuhých látok. UHSAV, Bratislava

Štekauerová V.: (2002) Vplyv globálných zmnien na zásobý vody v zone aeracie pôdy. Acta Hydrologica Slovaca, No 2, 276-280 s.

Velebný V, Novák V., Skalová J., Štekauerová V., Majerčák J.: (2000) Vodný režim pôd edičné stredisko STU, Bratislava

Štekauerová V., Nagy. V.: Vplyv klimatických podmienok zabezpečenosť porastu vodou v lokalitách Báč a Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, ÚH SAV, Bratislava, 2001, 2/1, p. 58-63

Štekauerová V., Nagy. V.: Dynamika zásob vody nenasýtenej oblasti pôdy v lokalitách Žitného ostrova v rokoch 1999-2000. IV. Vedecká konferencia v Michalovciach, ÚH SAV, Bratislava, VHZ ÚH SAV Michalovce, 2001, p. 243-247.

Štekauerová V., Nagy. V.: Hodnotenie vodného režimu zóny aerácie pôdy v lokalitách Žitného ostrova. Acta Hydrologica Slovaca, ÚH SAV, 2003, 1, p. 65-73.

Štekauerová V., Nagy. V.: Zabezpečenosť zóny aerácie pôdy vodou v lokalitách Bodíky (Žitný ostrov) a Dunasziget (Szigetköz) 2002, Poster, ÚH SAV, 2003, x.

Štekauerová V., Nagy. V.: Zabezpečenosť zóny aerácie pôdy vodou v lokalitách Bodíky (Žitný ostrov) a Dunasziget (Szigetköz) 2002,

Štekauerová V., Nagy. V.: Hodnotenie vodného režimu zóny aerácie pôdy v lokalitách Žitného ostrova. Konferencia s medzinárodnou účasťou " Hydrológia na prahu 21. Storočia – Vízie a realita", CD-ROM, ÚH SAV, 2003,p. 233-242.

Štekauerová V., Nagy. V.: Vplyv klimatických podmienok na zabezpečenosť porastu vodou v lokalitách Báč a Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, 2000 no.1.

Štekauerová V., Nagy. V.: Hydrofyzikálne charakteristiky pôd v lokalite Gabčíkovo. VII. Poster Day Bratislava, 2001.

Ing. Viliam Nagy, PhD., Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 83102 Bratislava, tel: 49268325, e-mail: nagy@uh.savba.sk

RNDr. Vlasta Štekauerová, CSc. Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 83102 Bratislava, tel: 49268302, e-mail: stekauer@uh.savba.sk