

**Martin Možný (ČHMÚ)**

## **Zkušenosti s měřením vlhkosti půdy snímači VIRRIB**

*Otištěno v: Meteorologické zprávy, 52, 1999, č. 5, s. 140-143*

Experience with soil moisture measurement by means of a VIRRIB electronic sensor. Since 1991 electronic measurements of soil moisture by means of a VIRRIB sensor have been carried out at the observatory Doksany. The contribution is aimed at evaluating these measurements and using the Experience achieved for installation of the sensors at selected climatological stations. The measurements up to now showed advantages of these automatic measurements. It is possible to use them for round year monitoring. but only on condition that the sensors will be calibrated carefully. installed properly and connected to the data logger through the can system (controller area network). A gradual introduction of the sensors at selected climatological stations can give a number of information necessary for the study of landscape capabilities, soil moisture regimes and drought.

Klíčová slova: vlhkost půdy - měření přístrojové - měření automatické - observatoř Doksany

### 1. ÚVOD

Stávající scénáře změn klimatu mají obecně omezenou schopnost simulovat regionální klimatické změny. Ještě horší situace nastává u půdního klimatu, kde působí i značně prostorově rozdílný faktor relativně stabilních vlastností a znaků půd. Za této situace zůstávají přístrojová měření vlhkosti půdy a analýza jejich statistické struktury základním zdrojem informací o chování klimatického systému a vztahu regionálních a globálních klimatických změn [1].

Nepřekvapuje proto snaha o vybudování celosvětové databanky vlhkostí půdy [2]. Základní informace lze nalézt na internetu na adrese <http://envsci.rutgers.edu/-robock>. Dají se zde získat doporučení týkající se kontroly dat, verifikace měřicích metod, přehledu modelů pro doplňování chybějících dat a informace o projektu AMIP (Atmospheric Model Intercomparison Project [3]).

V rámci českého hydrometeorologického ústavu disponuje delší řadou nepřetržitých měření vlhkosti půdy pouze observatoř Doksany [4]. Od roku 1991 zde byla původně gravimetrická ruční měření (1971-1993) nahrazena automatickým monitorováním snímači VIRRIB. Tématem příspěvku je zhodnocení těchto doposud provedených měření s cílem využít dosažených zkušeností při dalším zavádění těchto snímačů na vybraných klimatologických stanicích.

### 2. METODIKA

Snímače VIRRIB měří půdní vlhkost pomocí elektromagnetického signálu transmisní fázovou metodou – snímače využívají závislosti fázové rychlosti nanosekundových impulsů na vlhkosti okolního prostředí [5]. Snímače vyrábí firma AMET Velké Bílovice již od roku 1990 a v posledních letech je s úspěchem exportuje i do zahraničí. Vlastní čidlo se skládá ze dvou

soustředných kruhů z nerezové oceli, spojených v tělese snímače, kde je umístěna elektronická část. Elektronika spolu s nerezovými kruhy je mechanicky fixována zalévací hmotou, která zabraňuje pronikání vody k elektronice.

Snímač slouží k stacionárnímu měření objemové vlhkosti půdy. Měření může být prováděno buď v poloautomatickém režimu, kde jsou údaje odečítány z vyhodnocovací jednotky, nebo automaticky přímým napojením snímačů na měřicí kartu či ústřednu (datalogger). Pro dlouhodobější monitorování je nutné zajistit přerušované napájení snímačů, ochranu snímačů před přepětím a prepólováním. V observatoři Doksany byly proto snímače připojeny přes ochranný modul CAN na měřicí kartu MU 7711 propojenou s řídicím počítačem. Měření se prováděla pod standardním travnatým povrchem ve střední půdě, jílovitohlinité s průměrnou objemovou hmotností  $1,361 \text{ g.cm}^{-3}$  a bodem vadnutí 10,9 % objem. a polní vodní kapacitou 32,7 % objem.

Pro monitorování vlhkosti půdy v přízemní vrstvě půdy jsou snímače instalovány ve vodorovné poloze, vlhkost půdy je pak měřena v tenké vrstvě silné okolo 5 cm. Ve svislé poloze je tloušťka monitorované vrstvy přibližně 40 cm. V observatoři byly instalovány dva snímače vodorovně (pro vrstvu 5 až 10 a 15 až 20 cm) a dva svisle (vrstvy 10 až 50 cm a 60 až 100 cm). Při instalaci bylo nutné zabezpečit, aby nedošlo k mechanickému stlačení zeminy v blízkosti kruhů a vyvarovat se kovových předmětů v měřicí vrstvě.

Hlavním kladem snímačů je vedle příznivé ceny, přesnosti měření, možnosti její automatizace i rychlost odezvy na změnu vlhkosti prostředí. Hlavní nevýhodou je ne vždy zcela stoprocentní dodržení standardizace při výrobě, která klade zvýšené nároky na kalibraci snímačů. Jednotlivé snímače používané v observatoři Doksany byly nakalibrovány podle výsledku srovnávacích laboratorních gravimetrických měření.

### 3. VÝSLEDKY

Na obrázku 1 jsou vyobrazeny výsledky srovnávacích laboratorních měření půdní vlhkosti snímačem VIRRIB a gravimetrickou metodou. Z obrázku je patrná velmi dobrá lineární shoda v rozmezí od 5 do 40 % objem. (korelační index  $r^2 = 0,998$ ), mimo tyto meze je závislost nelineární. Zvláště v případech vyššího objemu vody v půdě vykazuje snímač nižší hodnoty než gravimetrie.

Na obrázku 2 je zobrazen chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 15 až 20 cm pod trávnikem v Doksanech v období od 1. 1. do 31. 3. 1998. Z obrázku je patrný výrazný pokles vlhkosti půdy na přelomu třetí dekády ledna a začátku první dekády února (z 31 % objem. na 18,2 % objem.) a naopak výrazný vzestup na přelomu první a druhé dekády února (z 19,8 % objem. na 30,1 % objem.). Pokles vlhkosti půdy byl vyvolán promrznutím půdy a následný vzestup jejím rozmrznutím. Oba procesy jsou spojeny se změnami objemové hmotnosti půdy a pórovitosti.

V hydropedologické praxi se pro vymezení vodních režimů půdy vychází ze směrodatných vlhkostních stavů půdy, tzv. hydrolimitů. V praxi se nejčastěji používá polní vodní kapacita půdy

a bod vadnutí. Polní vodní kapacita půdy představuje maximální množství vody (horní mezní hodnotu vodního režimu půdy), kterou je půda po zavlažení schopna udržet vlastními vnitřními silami v téměř rovnovážném stavu proti působení gravitační síly. Bod vadnutí odpovídá stavu půdní vlhkosti, kdy rostliny svojí sací silou nestačí překonat síly, kterými je půdní voda poutána, a vadnou (jedná se o kritický stav nejnižší zásoby půdní vláhy).

Denní chod vlhkosti půdy v přízemní vrstvě se vyznačuje jedním maximem a jedním minimem, přičemž amplituda vlhkostních výkyvů se s hloubkou zmenšuje. Vlhkost půdy ovlivňují vedle výparu především srážky, proto jsou naměřené hodnoty vlhkosti půdy ze 7 h SEČ přiřazovány jako denní vlhkost k předcházejícímu dni.

Na obrázku 3 až 10 je zobrazen chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnickem a jejich pětidenní klouzavé průměry v Doksanech v období od 1. 4. do 30.9. v letech 1991 až 1998. Z obrázků je patrné, že vlhkost půdy kolísala v rozmezí od 5 do 40 % objem., pod 5 % objem. klesla jen v 21 dnech (1,4 % všech případů) a naopak nad 40 % objem. vystoupila pouze v jediném případě (0,07 % všech případů). Velikost amplitudy vlhkostních výkyvů v jednotlivých letech je ovlivněna výparem z půdy a srážkami. V tabulce 1 je uveden rozdíl měsíčních úhrnů srážek v mm a výparu z volné vodní hladiny v mm (výparoměr GGI 3000) v Doksanech v letech 1991-1998. Například výrazně převládající výpar v dubnu až květnu 1992 a 1998 je provázen výrazným poklesem vlhkosti půdy (obr. 4 a 10), naopak vzestup vlhkosti půdy v červnu 1998 je vyvolán větším úhrnem srážek (obr. 10).

Na obrázku 3 je patrný klesající trend vlhkosti půdy v roce 1991. Hodnoty zde kolísaly od 6,6 do 25,9 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 15,5 % objem. je pod dlouhodobým průměrem 1971-1990 (21,7 % objem.). V žádném dni nebyla překročena polní vodní kapacita a ve 27 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 4 je patrný klesající trend vlhkosti půdy v roce 1992, podobně jako v roce 1991. Hodnoty zde kolísaly od 4,1 do 28,1 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 13,8 % objem. je výrazně pod dlouhodobým průměrem 1971-1990. V žádném dni nebyla překročena polní vodní kapacita a v 60 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 5 je patrný vzestupný trend vlhkosti půdy v roce 1993. Hodnoty zde kolísaly od 5,6 do 32,9 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 16,6 % objem. Je pod dlouhodobým průměrem 1971-1990. Pouze v jednom dni byla překročena polní vodní kapacita a ve 37 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 6 je patrný nevýrazný trend vlhkosti půdy v roce 1994. Hodnoty zde kolísaly od 2,0 do 32,1 91, objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 17,3 % objem. Je pod dlouhodobým průměrem 1971-1990. V žádném dni nebyla překročena polní vodní kapacita a ve 44 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Tab. 1 Rozdíl měsíčních úhrnů srážek a výparu z volné vodní hladiny v mm v Doksunech v letech 1991-1998.

Table 1. Difference in monthly precipitation and evaporation sums from the free water level in mm at Doksany in 1991-1998.

Rok/měsíc	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1991	-35,8	-32,7	-6,9	-64,0	-32,7	-60,0
1992	-52,4	-111,8	-38,7	-40,7	-76,4	-44,6
1993	-68,4	-35,9	-24,8	-12,9	-73,7	4,3
1994	-8,0	-20,3	-72,2	-121,1	11,2	-12,2
1995	-15,8	7,6	64,9	-53,1	-27,9	11,9
1996	-39,7	21,2	-35,3	-1,3	2,8	-5,9
1997	-30,1	-53,7	-52,7	21,0	-68,4	-50,5
1998	-57,7	-98,4	28,9	-42,7	-67,1	44,4

Na obrázku 7 je patrný nevýrazný trend vlhkosti půdy v roce 1995, podobně jako v roce 1994. Hodnoty zde kolísaly od 7,2 do 36,7 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 23,2 % objem. je nad dlouhodobým průměrem 1971-1990. V 6 dnech byla překročena polní vodní kapacita a v 9 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 8 je patrný nevýrazný trend vlhkosti půdy v roce 1996, podobně jako v letech 1994 a 1995. Hodnoty zde kolísaly od 6,9 do 32,8 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 21,9 % objem. je blízká dlouhodobému průměru 1971-1990. Pouze v jednom dni byla překročena polní vodní kapacita a v 6 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 9 je patrný nevýrazný sestupný trend vlhkosti půdy v roce 1997. Hodnoty zde kolísaly od 13,4 do 35,5 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 20,6 % objem. je pod dlouhodobým průměrem 1971-1990. V pěti dnech byla překročena polní vodní kapacita a v žádném nebyl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

Na obrázku 10 je patrný vzestupný trend vlhkosti půdy v roce 1998. Hodnoty zde kolísaly od 1,2 do 40,6 % objem., průměrná hodnota za celé vegetační období 21,5 % objem. Je blízká dlouhodobému průměru 1971-1990. V 16 dnech byla překročena polní vodní kapacita a ve 39 dnech byl zaznamenán pokles pod bod vadnutí.

#### 4. ZÁVĚR

Na základě výsledků monitoringu půdní vlhkosti snímači VIRRIB v observatoři Doksany lze doporučit tento způsob měření i na další vybrané klimatologické stanice. Při výpočtu objemové vlhkosti z měřených dat lze přihlídnout i ke slabinám snímačů při měření extrémně nízkých či vysokých hodnot vlhkosti a využívat je pro celoroční měření. Podmínkou je pečlivá kalibrace snímačů, správná instalace a připojení k měřicí ústředně či kartě pouze přes ochranný modul.

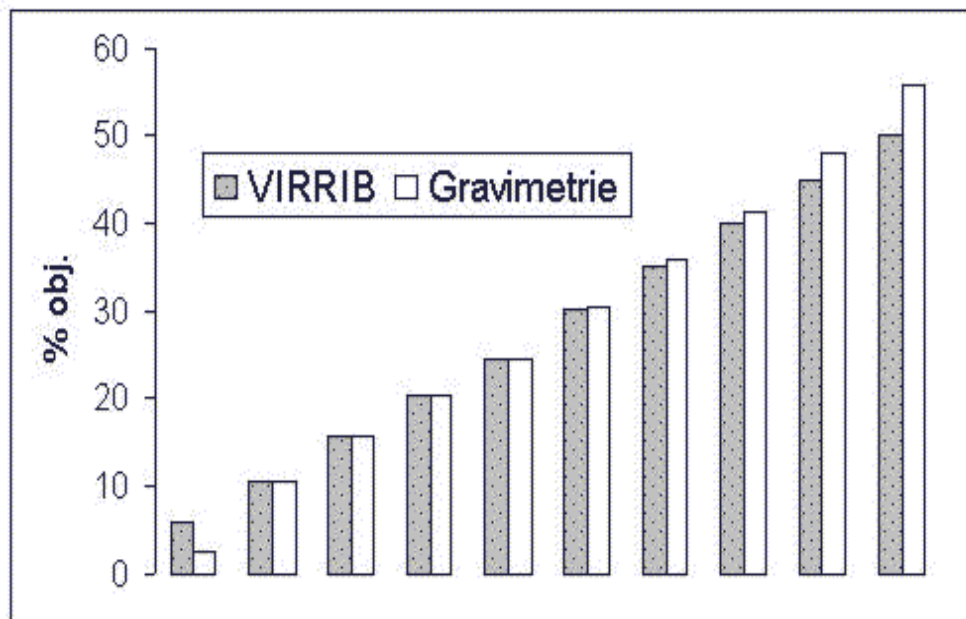
Tyto zkušenosti se daří respektovat díky založené Komisi pro agrometeorologická měření v ČHMÚ, jejímiž členy jsou zástupci odd. biometeorologických aplikací Praha, odd. agrometeorologie a fenologie Bmo a observatoře Doksany. U nově zaváděných snímačů probíhá jejich kalibrace v observatoři Doksany, připojení snímačů k automatickým stanicím se děje přes ochranný modul CAN. Připravuje se nezbytný software pro výpočet objemové vlhkosti půdy přihlížející k výsledkům hydropedologického průzkumu a zkušenostem z doposud prováděných měření.

Zavedení snímačů VIRRIB na vybrané klimatologické stanice může přinést řadu poznatků nezbytných pro studium retenčních schopností krajiny, vlhkostních režimů půd a sucha. V neposlední řadě umožní aktivnější se zapojení do řady mezinárodních klimatologických projektů.

#### Literatura:

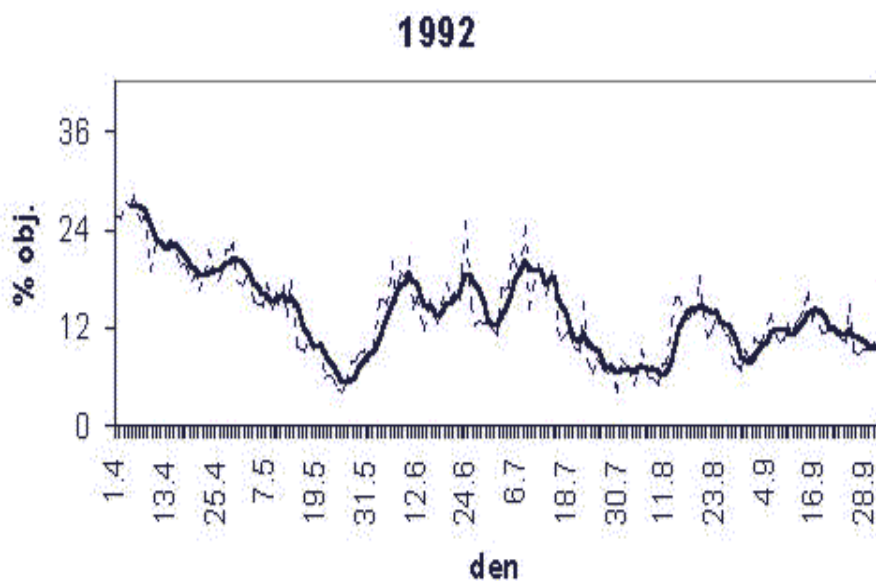
- (1) Choisnel, E: Les échelles d'espace et de temps en climatologie. La Météorologie, 8, 1996, č. 13, s.29-37.
- (2) Vinnikov, K. et al.: Soil moisture data sets, GEWEX News, 7, 1997, č. 2, s. 8-1 I.
- (3)Robock, A. et al.: Evaluation of AMIP soil moisture simulations. Global and Planetary Change, 19, 1998, s. 181-208.
- (4) Možný, M. - Černosta, J.: Dlouhodobé kolísání půdní vlhkosti ve svrchní vrstvě pod standardním povrchem. Meteorol. Zpr., 50, 1997, č. 1, s. 8-12.
- (5) Česka, A.: Způsob měření obsahu vody v materiálech a zařízení k jeho provádění. PV8200-88. Praha 1988.

Lektor RNDr M. Kohut, rukopis odevzdán v červnu 1999.



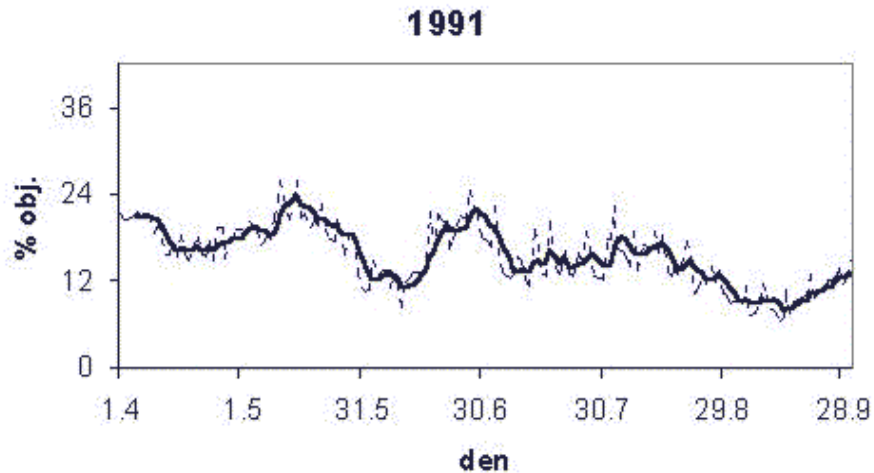
Obr. 1 Výsledky srovnávacích laboratorních měření půdní vlhkosti snímačem VIRRIB a gravimetrickou metodou.

Fig. 1. Results of comparative laboratory soil moisture measurements by means of a VIRRIB sensor and by means of a gravimetric method.



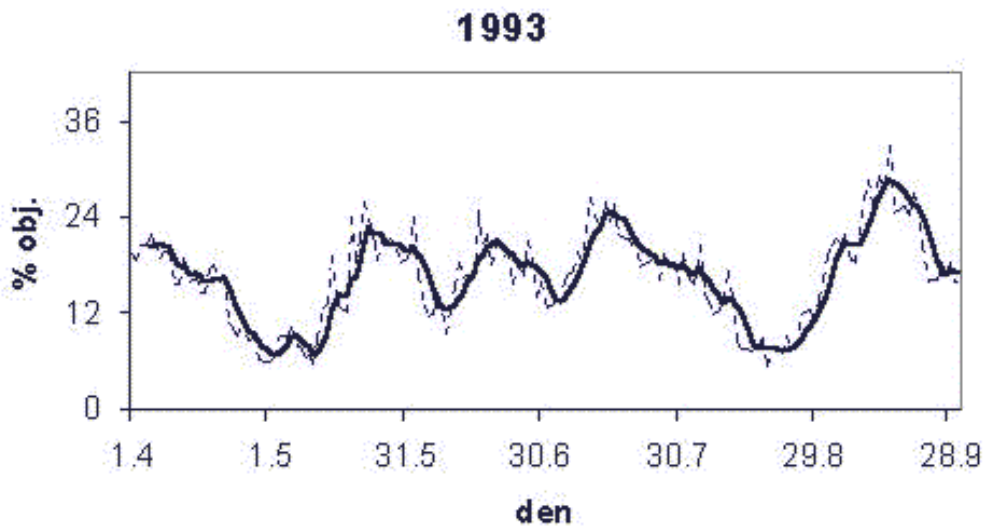
Obr. 2 Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 15 až 20 cm pod trávnikem v Doksanech v období od 1. 1. do 31. 3. 1998.

Fig. 2. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 15 to 20 cm under the grass at Doksany in the period January 1 - March 30 1998.



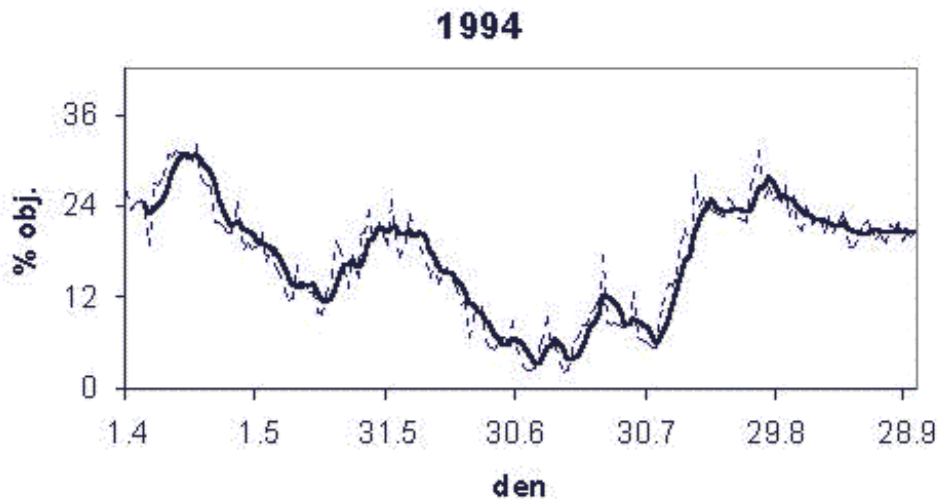
Obr. 3 Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1991.

Fig. 3. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dashed line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1 - September 30 1991.



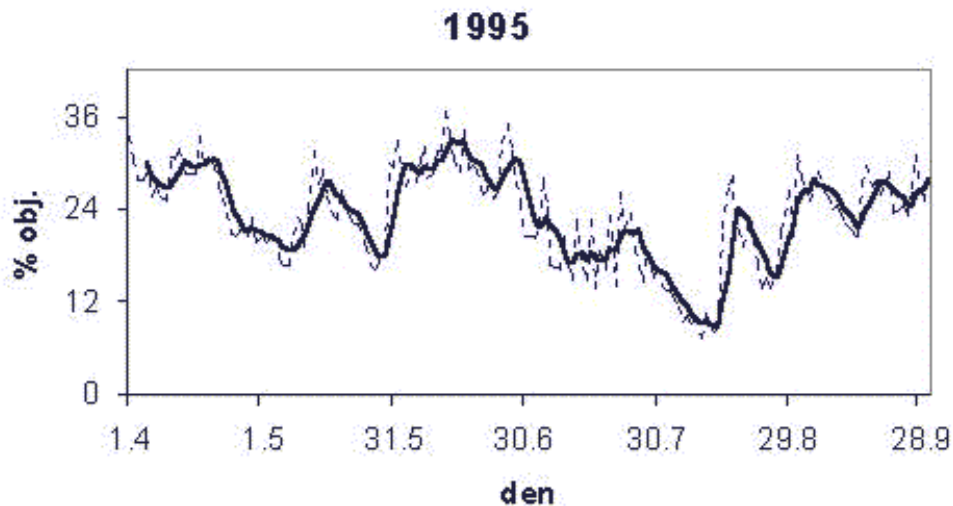
Obr. 4 Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1992.

Fig. 4. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dashed line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1 - September 30 1992.



Obr. 5 Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1993.

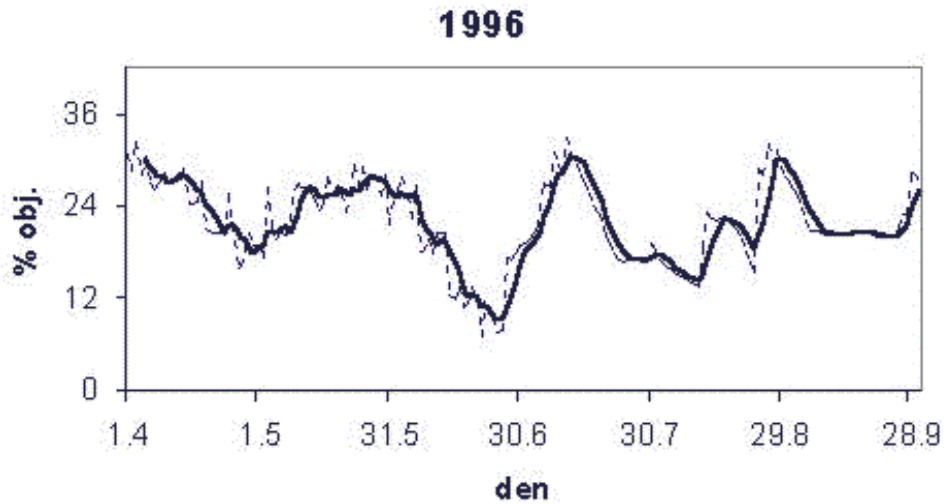
Fig. 5. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1 - September 30 1993.



Obr 6. Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4 . do 30. 9. 1994.

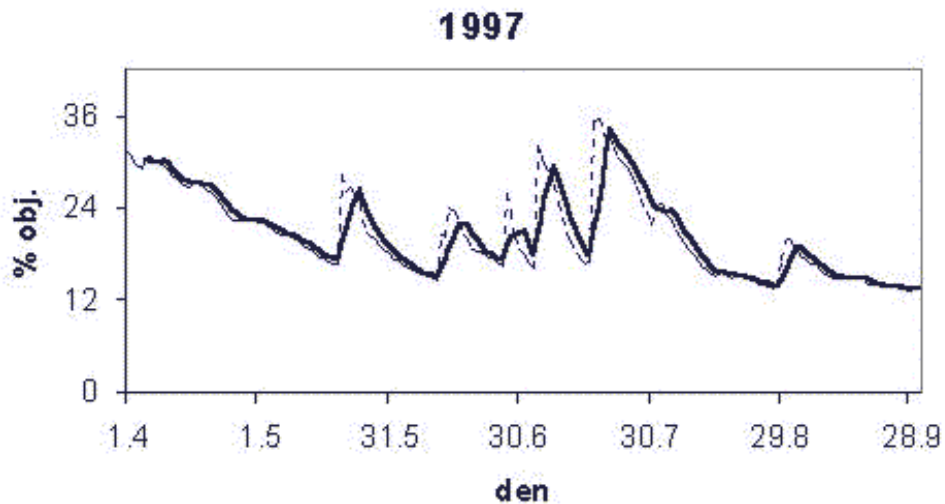
Fig. 6. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany at the period April 1 - September 30 1994.





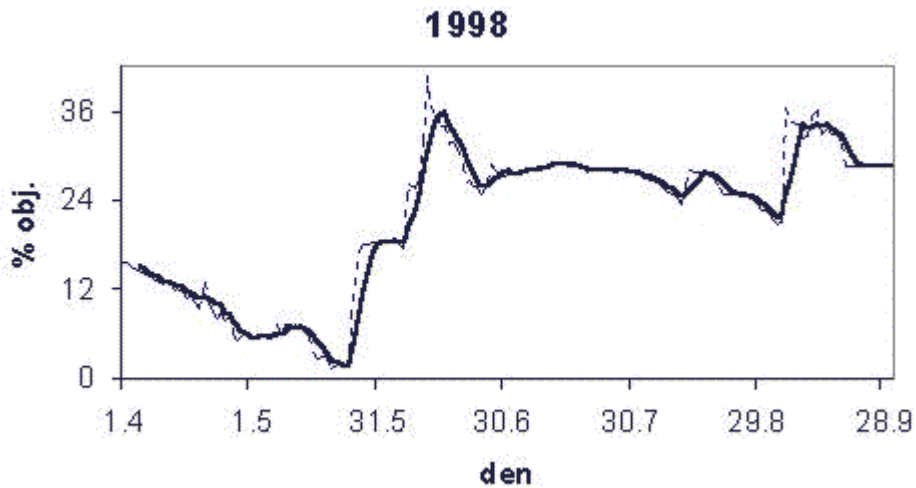
Obr. 7 Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1995.

Fig. 7. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1-September 30 1995.



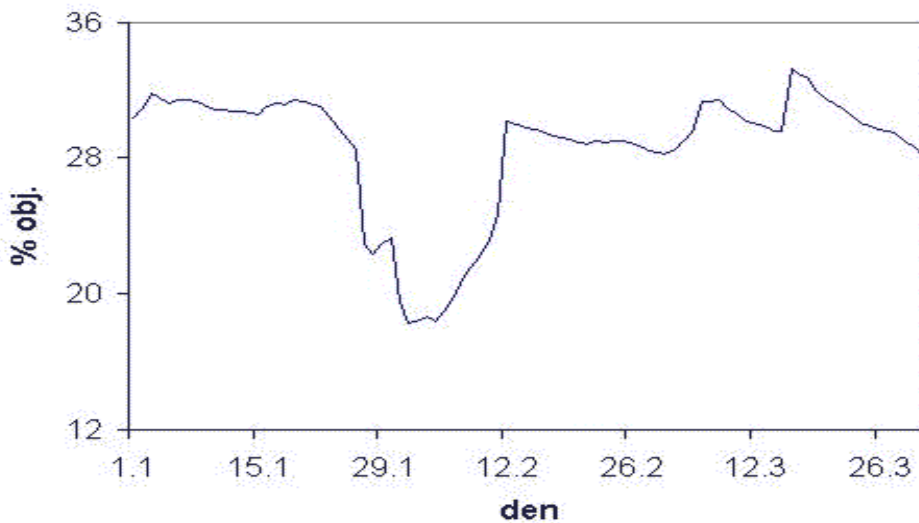
Obr 8. Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 (cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1996

Fig. 8. Variation of daily soil moisture by volume in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1-September 30 1996.



Obr 9. Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10 cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1997.

Fig. 9. Variation of drily soil moisture by voláme in the layer 5 to 10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1-September 30 1997.



Obr 10. Chod denních objemových vlhkostí půdy ve vrstvě 5 až 10cm pod trávnikem (čárkovaně slabě) a jejich pětidenní klouzavé průměry (silně plně) v Doksanech v období od 1. 4. do 30. 9. 1998.

Fig. 10. Variation of datly soil moisture by volume in tře layer 5 to10 cm under the grass (light dash line) and its 5-day overlapping averages (thick solid line) at Doksany in the period April 1 -September 30 1998.