

AKTUÁLNÍ INFORMACE O VLHKOSTI PŮDY PRO MONITORING A HODNOCENÍ SUCHA

M. Možný and D. Bareš

Český hydrometeorologický ústav, Observatoř Doksany, 41182 Doksany, ČR,
martin.mozny@chmi.cz, daniel.bares@chmi.cz

Soil moisture is an important parameter in many hydrological and land-atmosphere interactions. Visualization of soil moisture conditions at several depths of soil provides a valuable verification tool for water balance model. It has proven to be particularly effective during drought recovery, by helping to provide guidance on whether precipitation events have provided relief to the deeper soil depths or are simply impacting the soil just a few centimetres below the surface.

In years 2000-2004 Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) installed measuring system TDT with VIRRIB sensors at 38 automated meteorological stations across Czech Republic. The soil moisture measuring to provide continuous under grass cover (permanently cut), from the layer 0-10 cm, 10-50 cm and 50-90 cm. The soil moisture sites collect observations every 15 minutes and are quality assured through automated multi-pass procedures.

CHMI provides soil moisture data from the Meteorology and Climatology Division to the public via the web (www.chmi.cz). The public product includes soil moisture data in the form of maps and graphs.

This paper provides background information on the soil moisture measurements, highlights the new capabilities of the web-based display system, and discusses the utility of such observations in monitoring subterranean conditions during extended wet and dry periods.

Key words: soil moisture, drought, monitoring

1. Úvod

Pro monitoring sucha se využívá celá řada metod, lišících se časovým intervalem zpracování, způsobem výpočtu a tím, pro koho jsou určeny. K neznámějším patří indexy PDSI (Palmer Drought Severity Index) a SPI (Standardized Precipitation Index), které se nejčastěji počítají jedenkrát měsíčně, ale výpočet lze provádět i častěji, například v týdenním intervalu. Pro monitoring sucha se v USA používají kromě obou výše zmíněných metod index CMI (Crop Moisture Index), SWSI (Surface Water Supply Index), RDI (Reclamation Drought Index) a statistické hodnocení spadlých srážek (Palmer, 1965, McKee et al., 1993, Žalud a kol., 2005). V rámci monitoringu sucha využívá Český hydrometeorologický ústav metodu vláhové bilance, počítající ze standardních meteorologických dat (globálního záření, teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a srážek) nejčastěji průměrnou vlhkost půdy v profilu 0 až 60 cm (Kott a kol., 2003, Pavlík a kol., 2003). Zjednodušená metoda využívající pouze termínové teploty vzduchu a srážky se používá při zpracování sekulárních meteorologických řad (Možný, 2004). V rámci bilance je zvláště komplikované simulovat pohyb vody v půdě, který je závislý na jejím typu a aktuálním obsahu vody. Lze jej obtížně vyjádřit analyticky i modelově-numericke a samotný princip jeví se někdy zastíněn přidruženými efekty (Kutílek a kol., 2004). Směrem k povrchu půdy se dynamika vláhy dramaticky zvyšuje a tím se zákonitě zhoršují výsledky bilančních modelů (Možný, Bareš, 2005). Tématem tohoto příspěvku je využití aktuálních měření vlhkostí půdy pro monitoring a hodnocení sucha.

Přímá měření půdní vlhkosti jsou velmi pracná, proto jsou stále více využívány metody nepřímé, využívající závislosti půdní vlhkosti na jiné fyzikální veličině. K neznámějším patří metoda TDR (time domain reflectometry), která je založena na měření postupové rychlosti elektromagnetické vlny o vysoké frekvenci podél dvou až tří transmisních tyčí vtačených rovnoběžně do půdy. Tato metoda je poměrně velmi přesná a spolehlivá, zařízení je ovšem velmi drahé, stejně tak náročné na kvalifikovanou obsluhu a vyhodnocení. Z tohoto důvodu ČHMÚ zvolil lacinější metodu TDT (time

domain transmissometry) na základě dobrých zkušeností s tímto typem měření na observatoři Doksany (Možný, 1999). Metoda je založena na změnách fázové rychlosti šíření elektromagnetického signálu v závislosti na objemové vlhkosti měřeného materiálu. Objemová vlhkost půdy je v současnosti monitorována na 38 stanicích ve třech vrstvách: 0 až 10 cm, 10 až 50 a 50 až 90 cm snímači VIRIB, které jsou připojeny k automatizovaným měřicím systémům. Detailnější informace o všech měřicích místech jsou přístupné na webu ČHMÚ (www.chmi.cz) na stránkách observatoře Doksany. Měřicí stanice byly vybrány s ohledem na co nejvyšší reprezentativnost a samotnému výběru předcházely podrobný hydrologický průzkum (Možný, Bareš, 2005). Kalibrace snímačů se provádí na observatoři Doksany. V průběhu roku 2004 pracovníci observatoře provedli kalibraci samotných měřicích systémů a z důvodů půdní heterogenity na měřicích stanovištích i ověření již stanovených základních hydrologických limitů.

2. Použitá metoda hodnocení

Zásoba využitelné vody ve vrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem (ZVV) v procentech se počítá podle vzorce:

$$ZVV = (W - BV) \cdot 100 / VVK$$

kde W je hodnota změřené objemové vlhkosti půdy ve vrstvě 0-10 cm pod travním porostem, BV je bod vadnutí, VVK je využitelná vodní kapacita, která je stanovena jako rozdíl polní vodní kapacity a bodu vadnutí. W, BV a VVK jsou vyjádřeny v objemových procentech. Objemové vlhkosti půdy jsou měřeny kontinuálně, každých patnáct minut jsou odesílány spolu s dalšími daty do klimatické databáze. Bod vadnutí (BV) a polní vodní kapacita (PVK) patří k základním hydrologickým, jsou stanovovány na základě hydrologického průzkumu pro konkrétní půdní profil. PVK představuje maximální množství vody (horní mezní hodnotu vodního režimu půdy), které je půda schopna udržet vlastními vnitřními silami v téměř rovnovážném stavu proti působení gravitační síly. BV odpovídá stavu půdní vlhkosti, při kterém se výrazně omezuje vývoj rostlin, je to kritický stav nejnižší zásoby půdní vláhy.

V tabulce je uvedeno zjednodušené hodnocení zásob využitelné vody ve vrstvě 0-10 cm pod travním porostem do pěti kategorií půdní vlhkosti, je zde rozlišována velmi nízká, nízká, dostatečná, dobrá a vysoká vlhkost. Pro snadnější identifikaci je každá ze skupin označena číslem 1 (vysoká) až 5 (velmi nízká vlhkost).

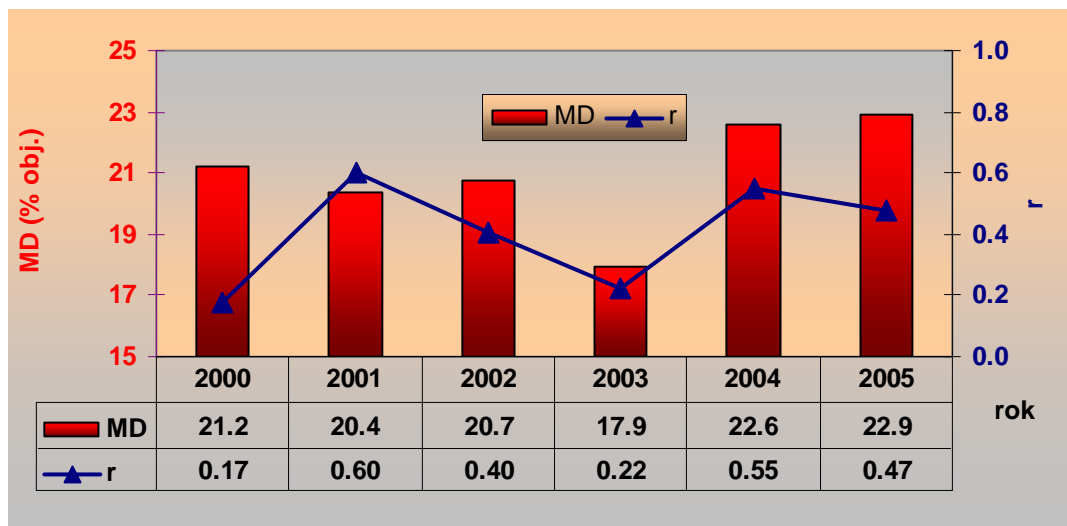
Kategorie půdní vlhkosti	ZVV %
velmi nízká – 5	< 20
nízká – 4	20 – 40
dostatečná – 3	40 – 60
dobrá – 2	60 - 80
vysoká – 1	> 80

3. Výsledky

Na obr.1 jsou znázorněny korelační koeficienty a průměrné rozdíly mezi vypočtenou a skutečně naměřenou vlhkostí půdy v síti stanic ČHMÚ v letech 2000 – 2005. Vypočtené hodnoty vlhkosti půdy byly převzaty z modelu BASET, který je součástí metody vláhové bilance používané pro hodnocení sucha v ČHMÚ (Květoň a kol., 2000). Analýze bylo podrobeno období od 1.4. do 31.10. Průměrný korelační koeficient byl 0,404, kolísal od 0,17 do 0,6. Nejnižší hodnoty koeficientu byly zaznamenány v nejsušších letech 2000 a 2003. Průměrný rozdíl byl 20,95 % objem., kolísal od 17,9 do 22,9 % objem. Po dohodě s Německou povětrnostní službou (DWD) v Braunschweigu byl proveden výpočet vlhkosti půdy jejich modelem AMBAV pro Doksany za období 1.4. až 31.10.2005. Korelační koeficient mezi vypočtenou a skutečně naměřenou vlhkostí půdy byl 0,666 a průměrný rozdíl byl 20,9

% objem. Z výše uvedeného je patrné, že modelování vlhkosti půdy ze standardních meteorologických dat není vůbec snadnou záležitostí.

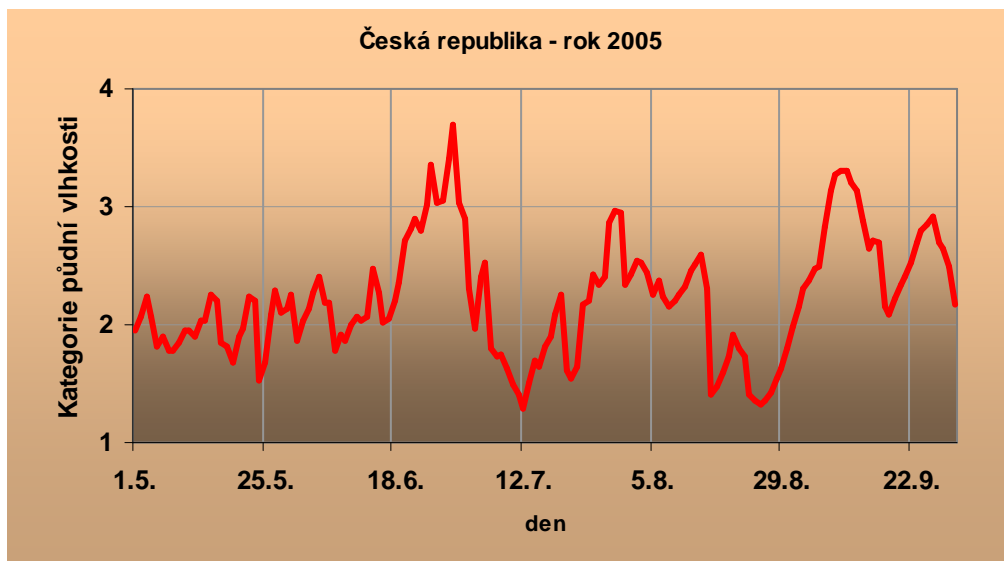
Obr.1 Korelační koeficienty (r) a průměrné rozdíly (MD) mezi vypočtenou a skutečně naměřenou vlhkostí půdy v síti stanic ČHMÚ v letech 2000 – 2005.



Monitoring sucha na základě hodnocení naměřených vlhkostí půdy ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem byl spuštěn ve zkušební režimu začátkem roku 2005. Výpočet byl prováděn jedenkrát denně, výsledky byly zpřístupněny na webu ČHMÚ ve formě jednoduchého kartogramu. Zpracování bylo prováděno podle okresů. Kromě aktuálních dat, byly zpřístupněny i desetidenní animace. V zimním období roku 2005 převládala na všech lokalitách kategorie půdní vlhkosti vysoká až dobrá, v březnu až říjnu s výjimkou velmi krátkých několikadenních úseků kategorie dobrá a od listopadu kategorie vysoká.

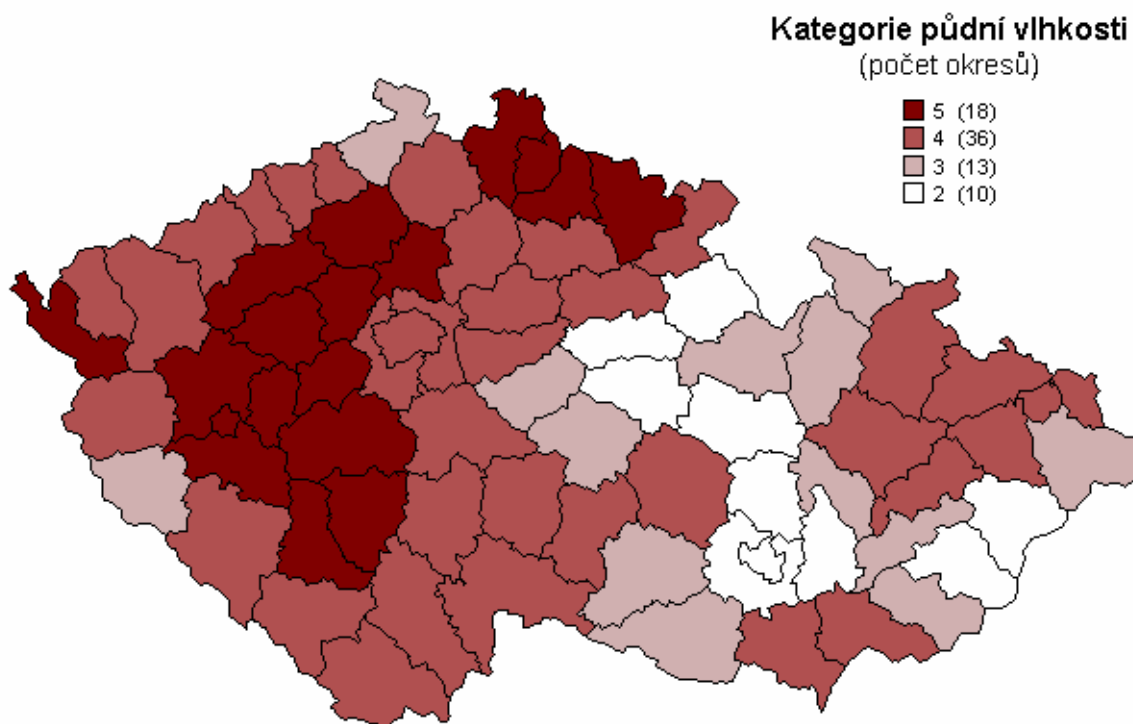
Na obr. 2 je znázorněn chod průměrné kategorie půdní vlhkosti ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem za celou Českou republiku od 1.5. do 30.9.2005. Průměrná kategorie půdní vlhkosti za toto období byla dobrá (2,2). Z grafu jsou patrné tři významné vrcholy, nejvyšší 29.6. (3,7) s kategorií nízkou, dílčí 9.9. (3,3) a 29.7. (2,9) s kategorií dostatečnou.

Obr. 2 Chod průměrné kategorie půdní vlhkosti ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod travním porostem za celou Českou republiku od 1.5. do 30.9.2005.



Nejnižší průměrná kategorie půdní vlhkosti pro ČR za rok 2005 byla zaznamenána 29. června, kdy vrcholil příliv velmi teplého vzduchu s teplotami až 33 °C. Z obr.3 je patrné, že kategorie půdní vlhkosti velmi nízká byla zaznamenána v 18 okresech, kategorie nízká v 36 okresech, kategorie dostatečná v 13 okresech a kategorie dobrá v 10 okresech. Ve všech krajích s výjimkou Pardubického a Zlínského kraje byl zaznamenán pokles půdní vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy až na nízkou úroveň.

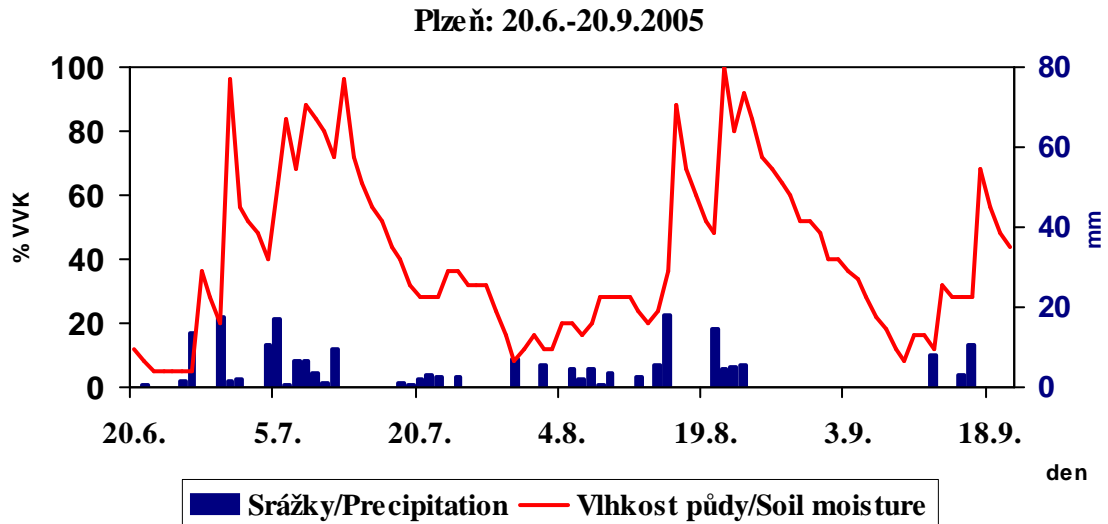
Obr. 3 Rozložení kategorií půdní vlhkosti ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávničkem v jednotlivých okresech ČR 29.6.2005 v 7 h SEČ.



Na obr. 4 je znázorněn denní chod vlhkosti půdy ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávničkem a srážek v období od 20.6. do 20.9.2005 na stanici Plzeň – Mikulka (360 m n.m.).

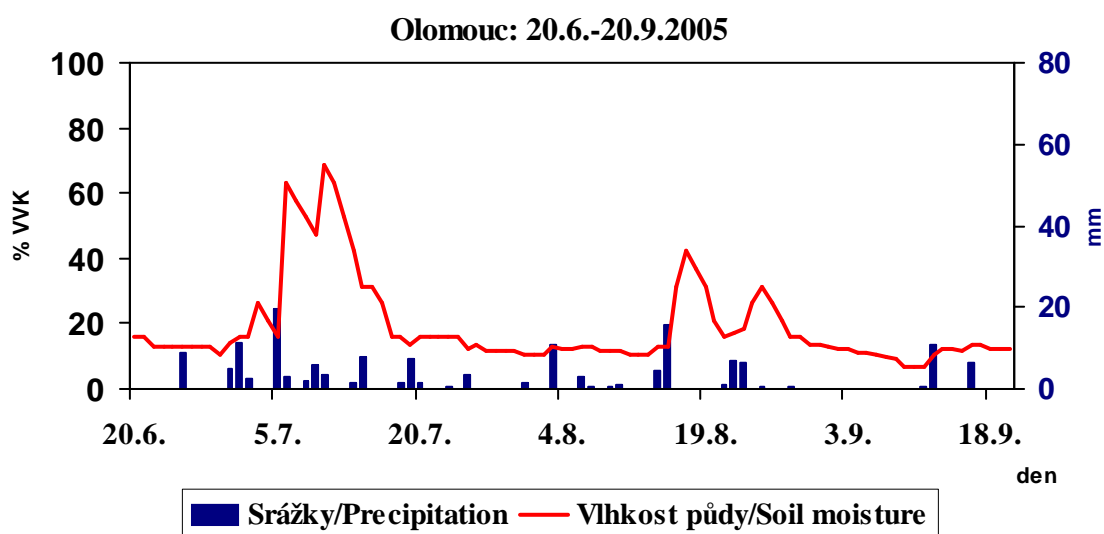
Z obrázku je patrné značné kolísání vlhkosti půdy během sledovaného období s nejnižšími zásobami koncem června a července a v první dekádě září.

Obr. 4 Denní chod vlhkosti půdy ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávnikem (v % VVK) a srážek (v mm) v období od 20.6. do 20.9.2005 na stanici Plzeň – Mikulka.



Denní monitoring vlhkosti půdy potvrdil komplikovanost pohybu vody v půdě. Při velmi nízké vlhkosti půdy zvláště na těžších půdách dochází k vytváření sítě širokých a hlubokých trhlin, které způsobují, že srážková voda rychle proniká hluboko do půdy, přičemž povrchová vrstva se zvlhčuje jen nepatrně. Uvedený jev je dobře patrný na obr. 5, který znázorňuje denní chod vlhkosti půdy (v % VVK) a srážek (v mm) v období od 20.6. do 20.9.2005 na stanici Olomouc (210 m n.m.). Z obrázku je patrná malá dynamika vodního režimu s převládající nízkou až velmi nízkou kategorií půdní vlhkosti.

Obr.5 Denní chod vlhkosti půdy ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávnikem (v % VVK) a srážek (v mm) v období od 20.6. do 20.9.2005 na stanici Olomouc.



Koncem roku 2005 ČHMÚ změnil celkovou koncepci prezentace dat na svých webových stránkách. Snahou je zobrazovat naměřená data z automatických stanic s aktualizací po 15 minutách v on line režimu. Pro zobrazování měření vlhkostí půdy byl zvolen systém interaktivních map vlhkostí půdy, zobrazující bodově výše popsané kategorie vlhkostí půdy ve třech vrstvách (0-10 cm, 10-50 a 50-90 cm). Inspirací byl systém Mesonet, který je provozován v americkém státě Oklahoma (www.mesonet.org). Se zprovozněním celého systému se počítá v průběhu roku 2006. Do té doby je na webu ČHMÚ pod observatoří Doksany zobrazováno s denní aktualizací mapové rozložení jednotlivých kategorií vlhkostí ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávničkem. Příklad takového výstupu je zobrazen na obr. 6.

Obr. 6 Rozložení kategorií půdní vlhkosti ve svrchní deseticentimetrové vrstvě půdy pod trávničkem 29.5.2006 v 7 h SEČ.

29.5.2006



4. Závěr

Půdní vlhkost se stala velmi důležitou veličinou pro poznání meteorologických, hydrologických a atmosférických procesů. Prostřednictvím sítě ČHMÚ se k potenciálním uživatelům dostávají spolehlivá data o půdní vlhkosti. Díky novým technologiím se postupně rozšiřují nejenom výstupy směrem k uživatelům, ale i jejich aktuálnost. Zvláště v nejsušších ročních období nelze aktuální informace o vlhkosti půdy ničím nahradit a jsou velmi důležité pro kvalitní monitoring a hodnocení sucha.

Literatura:

- [1] Kott, I. – Možný, M. – Valter, J., 2003. Soil climate within excessive Weather Situations. Dresden: 5. BIOMET-Tatung: Agrarmeteorologie, s. 106-108. ISSN 1436-5235, ISBN 3-86005-396-5.
- [2] Kutílek, M. – Kuráž, V. – Císlarová, M., 2004. Hydropedologie 10. ČVUT Praha, 176 s. ISBN 80-01-02237-4.
- [3] Květňoň, V. - Valter, J. - Kott, I., 2000: Metodika hodnocení sucha na území ČR v období IV.– VI. 2000. Interní zpráva Českého hydrometeorologického ústavu Praha.
- [4] McKee, T.B. – Doesken, N.J. – Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to some scales. Preprints, Eight Conf. On Applied Climatology, Anaheim, Amer. Meteor. Soc., s. 179–184.
- [5] Možný, M., 1999. Zkušenosti s měřením vlhkosti půdy snímači VIRRIB. Meteorologické zprávy, roč. 52, č. 5, s. 140-143. ISSN 0026-1173.
- [6] Možný, M., 2004. Hodnocení sucha na území ČR v letech 1891 – 2003. In: Extrémy počasí a podnebí, Brno, 5 s. ISBN 80-86690-12-1.
- [7] Možný, M. - Bareš, D., 2005. Ověřování německého systému AMBER v Česku. In.: Evaporace a evapotranspirace. ČSBS, ČHMÚ, 2005, s.23-24. ISBN: 80-86690-24-5.
- [8] Možný, M. - Bareš, D., 2005. Problematika agrometeorologických měření v ČHMÚ. In: Historie, současnost a budoucnost meteorologických měření a pozorování. Seminář ČMeS, Teplice 4.- 6.10.2005.

- [9] Možný, M. - Bareš, D., 2005. Monitoring a prognóza nebezpečných biometeorologických jevů. In: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. ČSBS, MZLU v Brně, SPU v Nitře, TU ve Zvolenu, ČHMÚ, 2005, str. 64-65. ISBN: 80-86690-31-8.
- [10] Palmer, W.C., 1965. Meteorological drought. Off. of Clim. Res. Pap., 45, U.S. Weather Bureau, 58 s.
- [11] Pavlík, J. – Němec, L. – Tolasz, R. – Valter, J., 2003. Mimořádné léto roku 2003 v České republice. Meteorologické Zprávy, roč. 56, č. 6, s. 161-165. ISSN 0026-1173.
- [12] Žalud, Z. - Trnka, M. - Dubrovský, M. - Svoboda, M. - Hayes, M. - Možný, M. - Semerádová, D. - Hlavinka, P., 2005. Methodology for assessment of drought episodes under present and expected climate conditions. In.: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. ČSBS, MZLU v Brně, SPU v Nitře, TU ve Zvolenu, ČHMÚ, 2005, str. 91-92. ISBN: 80-86690-31-8.