

# VYHODNOCENÍ VÝSKYTU SUCHA NA STANICI TUŠIMICE V OBDOBÍ 1968–2012

Lenka Hájková<sup>1)</sup> – Věra Kožnarová<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Český hydrometeorologický ústav, OBA, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 - Komořany

<sup>2)</sup> Katedra agroekologie a biometeorologie, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU v Praze, Kamýcká, 165 21 Praha 6 - Suchdol

## Abstrakt

Sucho je podle National Drought Mitigation Center (NDMC) normální, opakující se projev počasí (Hayes *et al.*, 2005), který souvisí s jeho fluktuací. Sucho patří mezi přírodní rizika. Začátek a konec sucha lze velmi obtížně stanovit; účinky sucha mají kumulativní charakter, a proto hlavním problémem při výzkumu sucha zůstává kvantifikace intenzity a určování doby trvání. U vyhodnocení sucha na stanici Tušimice (322 m n. m., 13°19'41" v. d., 50°22'36" s. š.) byla využita metoda součtových řad (MSR) podle Sládka (2001). Touto metodou byla zjištěna všechna období sucha v Tušimicích, za sledované období se jich vyskytla celkem 144, tato období dohromady zaujímají 6 248 dnů, tj. 38,0 % všech dnů let 1968–2012 a spadlo v nich pouze 36,6 % všech srážek. Nejdelším obdobím sucha byl interval od 26. února do 12. července 1976, spadlo při něm 89,1 mm srážek, což představuje 52 % dlouhodobého průměru. V období březen-duben-květen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při Nw a SEa situaci, „velké sucho“ (Treml, 2011) při SEa, Ap1 a C situaci a „velmi velké sucho“ při A a Ap2 situaci. V období červen-červenec-srpen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při Ap3 a Ap4 situaci, „velké“ při SWc3 a Wa situaci a „velmi velké“ při A a Ap4 situaci. V období duben-květen-červen se „střední sucho“ nejčastěji vyskytlo při Nw a SEa situaci, „velké sucho“ při SEa a Ap1 a „velmi velké sucho“ při Wa a A situaci.

**Klíčová slova:** sucho, úhrn srážek, synoptická situace, metoda součtových řad, Tušimice

Drought is according to the National Drought Mitigation Center (NDMC) normal, recurring weather exposure (Hayes *et al.*, 2005), which is linked to its fluctuation. Drought is one of the natural hazards, it is very difficult to determinate the beginning and end of the drought occurrence. For evaluation of drought occurrence at Tušimice station (322 m asl, 13°19'41" E, 50°22'36" N) was used the method of cumulative series developed by Sládek (2001). There were detected 144 drought occurrences during the period 1968–2012, this period lasted 6,248 days, i.e. 38.0 % of all days of the whole period and only 36.6 % of all precipitation amounts were measured. The largest drought has occurred in the period from 26<sup>th</sup> February to 12<sup>th</sup> July in the year 1976, 89.1 mm of precipitation total was measured (it means 52 % of long-term average). In March-April-May the “medium drought” occurred most often by Nw and SEa synoptic situations, “severe drought” (Treml, 2011) was observed by SEa, Ap1 and C synoptic situations and “very severe drought” was by A and Ap2 synoptic situations. In June-July-August the “medium drought” occurred most often by Ap3 and Ap4 synoptic situations, “severe drought” by Wa and SWc3 synoptic situations and “very severe drought” by A and Ap4 synoptic situations. In April-May-June the “medium drought” occurred most often by Nw and SEa synoptic situations, “severe drought” by SEa and Ap1 synoptic situations and “very severe drought” by Wa and A synoptic situations.

**Keywords:** drought, precipitation total, synoptic situation, method of cumulative series, Tušimice

## Úvod

Sucho je podle National Drought Mitigation Center (NDMC) v Lincolnu (Nebraska) normální, opakující se projev počasí, který souvisí s jeho kolísáním (fluktuací). Sucho se může vyskytovat ve všech klimatických zónách (srážkových režimech) a liší se tak od aridity, kterou považujeme za trvalý znak klimatu (Blinka, 2002). Hlavní příčinou sucha jsou přitom vždy synoptické příčiny.

Vymezení období sucha podle srážek uvádí Cablík (1951), který za hrubou hranici sucha považuje roční úhrny srážek 550 mm. Nedostatek půdní vláhy se potom projevuje ve vegetačním období, pokud srážkový úhrn nepřekročí 340 mm, v jednotlivých měsících, když úhrn srážek nedosáhne 50 mm. Jako suché období je v klimatologii často označováno období bez srážek (nejčastěji 5 po sobě jdoucích dnů, kdy nebyly naměřeny žádné popř. množství srážek je neměřitelné, označované jako 0,0 mm, výjimečně je úhrn srážek do 1 mm), jak uvádí Nosek (1972).

## Materiál a metodika

Stanice Tušimice (322 m n. m., 13°19'41" v. d., 50°22'36" s. š) byla založena 1. dubna 1967; k její plné automatizaci došlo 30. listopadu 2001 (Hájková, Kožnarová, 2012). Je umístěna v povodí řeky Ohře v Mostecké kotlině, která vznikla v severovýchodní části podkrušnohorského prolomu tektonickým poklesem území mezi Krušnými horami, Doupovskými horami, Českým středohořím a Džbánem. Průměrný roční úhrn srážek na této stanici je 430 mm.

U vyhodnocení sucha na stanici Tušimice byla využita metoda součtových řad (MSR) podle Sládka (2001), Langův dešťový faktor (LDF) a Seljaninovův hydrotermický koeficient. Dále byla vyhodnocena četnost období bez srážek  $\geq 10$  dní a četnost výskytu synoptických situací v době sucha (podle MSR). Výhodou metody součtových řad je její nenáročnost na vstupní data: potřebujeme jen denní úhrny srážek a průměrné denní teploty vzduchu. MSR pro hodnocení sucha je založena na kumulaci transformovaných hodnot denních úhrnů srážek spolu s vyhodnocováním údajů o průměrné denní teplotě, která charakterizuje nepřímo výpar (Sládek, 1989; Sládek 2001). Pro vymezení období nedostatku srážek (dále PSP) byly využity denní úhrny srážek, v tomto případě ze stanice Tušimice pro období 1968–2012. Denní úhrny jsou nejprve převedeny na hodnoty proměnné Z podle tab. 1.

Tab. 1 Převod srážek na pomocnou proměnnou Z

Srážky (mm)	srážka od	0	0,1	0,3	0,7	1,5	3,1	6,3	12,7	25,5	51,1	102,3
	srážka do	0,0	0,2	0,6	1,4	3	6,2	12,6	25,4	51	102,2	204,6
	šířka intervalu	-	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6	51,2	102,4
Z	transformovaná proměnná	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Poznámka: Interval (0–0,0) značí žádné a neměřitelné množství srážek.

Tyto hodnoty jsou následně kumulovány den po dni. Kumulovaná řada hodnot proměnné Z, resp. její lokální extrémy, je základem pro vymezení PSP. Z řady kumulovaných hodnot Z pak byla vybrána lokální minima a maxima, čímž byla vymezena období PSP.

Po vymezení období nedostatku srážek byla využita teplotní data k zhodnocení jejich významnosti (tab. 2). K délce trvání tedy přistoupí i faktor teploty vzduchu, který zohledňuje evaporaci daného suchého období. Pro každou dvojici extrémů se vypočte index suchosti S:  $S = (X_r - N_t) * t \cdot 10^{-3}$ , kde  $t$  = denní průměrná teplota v období PSP přesahující určitou mez (např. 0 °C).

Tab. 2 Kategorie sucha podle velikosti indexu suchosti S (zdroj: Trembl, 2011)

Index suchosti	kategorie sucha	Index suchosti	
1 – 10,00	malé sucho	50,01 – 100,00	velmi velké sucho
10,01 – 20,00	středně velké sucho	nad 100	extrémně velké sucho
20,01 – 50,00	velké sucho		

Jedním z nejstarších a nejužívanějších parametrů pro klasifikaci oblastí podle dostupnosti vláhy je Langův dešťový faktor (LDF). Jeho obliba vychází zejména z jednoduchosti:  $LDF = \frac{r}{t}$ , kde  $r$  = průměrný roční úhrn srážek (mm) a  $t$  = průměrná roční teplota vzduchu (°C). Použití teploty vzduchu ve vztahu ke srážkám má nahrazovat chybějící hodnoty potenciální evapotranspirace, které s teplotou vzduchu zčásti korelují (Tolasz, et al., 2007).

Pro charakterizování agroklimatického potenciálu (zejména vláhových podmínek) z hlediska se velmi často používá tzv. Seljaninovův hydrotermický koeficient:  $HTK = \frac{Er}{0,1 \sum t_d}$ , kde  $r$  = úhrn srážek v mm za období VI.–VIII. a  $t_d$  = průměrná denní teplota vzduchu  $\geq 10$  °C za období VI.–VIII. Hodnoty  $HTK < 1$  charakterizují z klimatologického hlediska oblast s nedostatkem vláhy.

## Výsledky a diskuse

Průměrná hodnota LDF je pro lokalitu Tušimice 50,9 (tab. 3), lokalita Tušimice se tedy zařazuje do semihumidní oblasti. Ze zpracovaných 45 let se ve 43 letech vyskytuje LDF < 70, maximální hodnota LDF vychází v roce 2010 (80,0) a minimální hodnota v roce 2003 (27,1). Druhá nejvyšší hodnota LDF vychází v roce 1970 (74,5), druhá nejnižší hodnota LDF je v roce 1982 (33,6). Podle Tolasze *et al.* (2007) patří lokalita Tušimice do oblasti LDF 60–70, kdy byly hodnoty zpracovány za období 1961–2000.

Tab. 3 Statistické charakteristiky LDF

Charakteristika	LDF	Charakteristika	LDF	Charakteristika	LDF
průměr	50,9	první decil	39,9	kvartilová odchylka	11,2
maximum	80,0	dolní kvartil	42,7	směrodatná odchylka	10,7
rok	2010	medián	50,2	koeficient asymetrie	0,4
minimum	27,1	horní kvartil	57,9	koeficient špičatosti	0,2
rok	2003	devátý decil	64,6		

V tabulce 4 jsou uvedeny základní statistické charakteristiky Seljaninova hydrotermického koeficientu v celkovém vyhodnocení za 45leté období, tab. 5 obsahuje hodnoty HTK v měsících červen až srpen.

Tab. 4 Statistické charakteristiky hydrotermického koeficientu dle Seljaninova (VI.–VIII.)

Charakteristika	HTK	Charakteristika	HTK	Charakteristika	HTK
průměr	1,1	první decil	0,8	kvartilová odchylka	0,2
maximum	2,0	dolní kvartil	0,9	směrodatná odchylka	0,3
rok výskytu	1970	medián	1,0	koeficient asymetrie	0,9
minimum	0,6	horní kvartil	1,2	koeficient špičatosti	1,8
rok výskytu	2003, 2006	devátý decil	1,4		

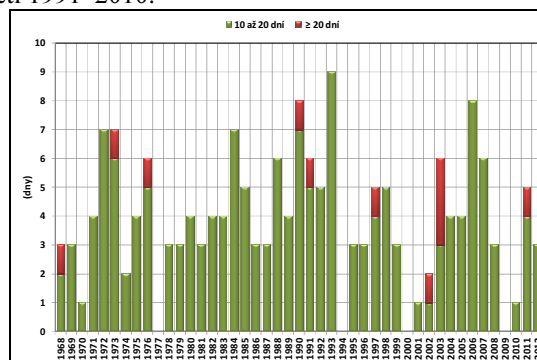
Tab. 5 Statistické charakteristiky HTK dle Seljaninova v jednotlivých měsících

Charakteristika	VI	VII	VIII
průměr	1,9	1,8	1,9
maximum (rok výskytu)	3,8 (1992)	3,9 (2012)	7,1 (1970)
minimum (rok výskytu)	0,5 (1994)	0,2 (1990)	0,2 (1973)

Nejvyšší hodnota Seljaninova hydrotermického koeficientu je 2,0 v roce 1970. Průměrná teplota vzduchu činila v létě tohoto roku 17,1 °C (odchylka od dlouhodobého průměru 1971–2010 byla -0,5 °C) a úhrn srážek za letní měsíce byl 308,6 mm – nejvyšší úhrn srážek v létě za 45let pozorování na stanici Tušimice (185,5 % dlouhodobého průměru za období 1971–2010). Nejnižší hodnota HTK 0,6 nastala v letech 2003 a 2006 (průměrná teplota vzduchu činila v létě 20,3°C a 18,9 °C – odchylka od dlouhodobého průměru činí +2,7 °C a +1,3 °C); úhrn srážek 120,5 mm a 102,9 mm – 72,4 % a 61,8 % dlouhodobého průměru). Tabulka 5 uvádí statistické charakteristiky HKT dle Seljaninova v jednotlivých měsících, nejnižší průměrná hodnota připadá na červenec. Při porovnání s hodnotami podle Kurpelové *et al.* (1975), kdy byla vyhodnocena stanice Kadaň (období 1931–1960), došlo ke zvýšení koeficientu v posledních 45 letech, v uvedeném třicetiletí se hodnoty HTK Seljaninova pohybovaly v rozmezí 1,01 (srpen) až 1,28 (červen). Průměrná hodnota 1,1 sice patří do oblasti s dostatkem až nadbytkem vláhy, ale hodnota menší než 1 byla zjištěna celkem v 17 letech (1973, 1974, 1975, 1976, 1981, 1982, 1983, 1985, 1989, 1990, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2006, 2008), 58,8 % ve dvacetiletí 1971–1990 a 41,2 % v posledním dvacetiletí 1991–2010.

Na základě denních úhrnů srážek byla vyhodnocena období s výskytem 10 dnů a více beze srážek. Na stanici Tušimice se za období posledních 45 let (1968–2012) vyskytlo celkem 176 případů s výskytem 10 dnů a více beze srážek, z toho bylo 11 případů s obdobími beze srážek trvajícím více než 20 dnů. V průměru trvalo období beze srážek 12 dnů. Souhrnnou informaci podává následující graf (obr. 1).

Obr. 1 Četnost výskytu období beze srážek 10 dnů a více



Porovnání průměrné četnosti výskytu období 10 dnů a více beze srážek v jednotlivých dekadách je uvedeno v tabulce 6, hodnoty se postupně snižují, což ukazuje na změnu rozložení srážek v průběhu roku.

Tab. 6 Průměrná četnost výskytu období 10 dnů a více beze srážek v jednotlivých dekádách

<b>1971–1980</b>	4,0	<b>1991–2000</b>	3,9
<b>1981–1990</b>	4,7	<b>2001–2010</b>	3,5

Období, v nichž nabývá index suchosti S nízkých hodnot, lze charakterizovat jako období s převahou dnů beze srážek, popř. malých srážek. V obdobích s výskytem sucha musí být index suchosti S větší. Tato období sucha lze kvantifikovat podle velikosti indexu suchosti S (tab. 2). Sucho s nejvyšší hodnotou S bude nejvýznamnějším suchem daného období.

Metodou součtových řad byla zjištěna všechna období sucha v Tušimicích, za sledované období se jich vyskytla celkem 144, tato období dohromady zaujímají 6 248 dnů, tj. 38,0 % všech dnů let 1968–2012 a spadlo v nich pouze 7 127,9 mm, tj. 36,6 % všech srážek.

Metoda součtových řad nezohledňuje pouze délku suchých období, ale také jejich intenzitu pomocí jejich teplotních poměrů, neplatí přímá úměra mezi délkou sucha a jeho významnosti (velikost kritéria S). Korelační koeficient mezi trváním sucha a hodnotou kritéria S je jen 0,698.

Podle kritéria S (tab. 7) bylo největším suchem v Tušimicích období od 26. února 1976 do 12. července 1976, spadlo při něm 89,1 mm srážek, což představuje 52 % dlouhodobého průměru. Toto období sucha nebylo nejdelší, co se trvání týče. Nejdelší trvání období sucha bylo zjištěno v roce 2003 od 31. července do 31. prosince, období sucha trvalo 153 dnů.

Tab. 7 Nejvýznamnější období sucha podle kritéria sucha S

Pořadí	od	do	trvání (dny)	suma teploty (°C)	úhrn (mm)	průměr. denní	kritérium S
1	26.2.1976	12.7.1976	136	1522,0	89,1	066	63,92
2	28.7.1973	9.10.1973	73	1187,5	105,1	1,44	57,00
3	31.7.2003	31.12.2003	153	1455,2	67,8	0,44	56,75
4	10.8.1991	31.10.1991	82	1019,0	19,7	0,24	35,66
5	13.9.2001	31.12.2001	109	675,6	100,0	0,92	34,45
6	3.1.2003	6.5.2003	123	536,2	35,8	0,29	33,24
7	22.3.1998	23.5.1998	62	694,6	17,5	0,28	22,91
8	9.9.1985	3.11.1985	55	569,6	5,3	0,096	22,78
9	2.7.1971	19.8.1971	48	949,7	16,9	0,35	20,89

Fiala (2006) zkoumal období sucha na stanici Vráž za období 1961–2004 též metodou součtových řad. Na této stanici se vyskytlo 962 období sucha (7 438 dnů, tj. 46,3 % všech dnů) a spadlo v nich pouze 2 461,8 mm, tj. 9,9 % všech srážek. Období sucha se v letech 1976, 2003 a 1991 kryjí na obou stanicích (Tušimice a Vráž) jen částečně (pravděpodobně způsobeno velkou proměnlivostí srážek), ale v roce 1985 je na obou stanicích téměř shoda - ve Vráži bylo zaznamenáno období sucha od 9. 9. 1985 do 30. 10. 1985, trvalo 51 dnů, suma teplot činila 529,9 °C, úhrn srážek byl 10,4 mm a kritérium S nabývalo hodnoty 27,02.

Podle Sládka (2001) můžeme vyhodnotit sucho podobně jako u povodní – jednoleté, dvouleté, desetileté atd. Na stanici Tušimice se jednoleté sucho, dvouleté a desetileté sucho vyskytuje v dubnu (negativní vliv na vývoj rostlin) a ve druhé polovině září a v říjnu korespondující s výskytem „babího léta“. Čtyřleté sucho se vyskytuje převážně v zimě a na jaře, dvacetileté v červnu a září. V hodnocení podle Tremla (2011) se velké sucho vyskytuje 1 x 20 let, velké sucho 1 x za 10 let, středně velké sucho 1 x za 4 roky a malé sucho 1 x za 2 roky.

Blinka (2002) vyhodnotil suchá období na osmi vybraných stanicích na území ČR v letech 1876–2002 novou metodou (EP) efektivní srážky dvojice autorů Byuna a Wilhitea (1999). Jako nejsušší vychází v průměru za všechny stanice říjen 1947, vegetační období 1976 a rok 1943. Průměr EDI za jednotlivé dekády svědčí o zvyšování intenzity sucha směrem ke konci 20. století. Podle výše uvedených výsledků, na stanici Tušimice bylo v roce 1976 též „velmi velké sucho“.

V období březen-duben-květen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při Nw a SEa situaci, „velké sucho“ při SEa, Ap1 a C situaci a „velmi velké sucho“ při A a Ap2 situaci. V období červen-červenec-srpen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při Ap3 a Ap4 situaci, velké při SWc3 a Wal situaci a velmi velké při A a Ap4 situaci. V období duben-květen-červen se střední sucho nejčastěji vyskytlo při Nw a SEa situaci, „velké sucho“ při SEa a Ap1 a velmi velké sucho při Wa a A situaci.

Trnka *et al.* (2009) zkoumal vliv cirkulace na období sucha ve střední Evropě za období 1881–2005. Pro analýzy byla použita typizace Hess-Brezowsky. Výsledky ukázaly, že velkoplošná sucha během jarních měsíců jsou spojena s východním, jižním a jihovýchodním prouděním (E, S, SE), zatímco během letních měsíců a během celého vegetačního období (duben až září) jsou sucha indikována vysokým tlakem nad střední Evropou a východním prouděním (E).

## Závěr

Všechny tři vybrané metody k vyhodnocení výskytu sucha na observatoři Tušimice (metoda součtových řad, Seljaninových hydrotermický koeficient a Langův dešťový faktor) potvrzují zvyšující se tendenci v četnosti výskytu sucha v dané lokalitě.

Podle kritéria S bylo období od 26. února 1976 do 12. července 1976 intervalem s největším suchem; spadlo při něm 89,1 mm srážek, což představuje 52 % dlouhodobého průměru. Nejdelší trvání období sucha bylo zjištěno v roce 2003 od 31. července do 31. prosince, období sucha trvalo 153 dnů.

V období březen-duben-květen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při severozápadní anticyklonální (NwA) a jihovýchodní anticyklonální (SEa) situaci, „velké sucho“ při jihovýchodní anticyklonální (SEa), putující anticyklóna od jihozápadu k severovýchodu (Ap1) a cyklonální (C) situaci a „velmi velké sucho“ při anticykloně (A) a putující anticyklóně od západu k východu (Ap2) situaci.

V období červen-červenec-srpen se „střední sucho“ vyskytlo nejčastěji při putující anticyklóně od severozápadu k jihovýchodu (Ap3) a putující anticyklóně od severu k jihu (Ap4), „velké sucho“ za jihozápadní cyklonální situace č. 3 (SWc3) a západní anticyklonální situace letního typu (Wal) situaci a „velmi velké sucho“ při anticyklóně nad střední Evropou (A) a putující anticyklóně od severu k jihu (Ap4) situaci.

V období duben-květen-červen se „střední sucho“ nejčastěji vyskytlo při severozápadní anticyklonální situaci (NwA) a jihovýchodní anticyklonální situaci (SEa) situaci, „velké sucho“ za jihovýchodní anticyklonální situace (SEa) a putující anticyklóně od jihozápadu k severovýchodu (Ap1) a „velmi velké sucho“ při západní anticyklonální situaci (Wa) a anticyklóně nad střední Evropou (A) situaci.

## Seznam literatury

- Blinka, P. (2002): Metoda hodnocení sucha. In Rožnovský, J., Litschmann, T., (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě, 2.–4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, s. 32–44.
- Byun, H. R., Wilhite, D. A. (1999): Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *Journal of Climate*. Vol. 12, s. 2747–2756.
- Cablík, J., Juva, K. (1951): Ochrana půdy. Rektorát Vysoké školy technické Dr. E. Beneše, Brno, 254 s.
- Fiala, T. (2006): Vymezení období sucha a období převládající teploty vzduchu pomocí metody součtových řad na příkladu Vráže u Písku. *Meteorologické zprávy*, ročník 59, 2006, č. 3, s. 76–79.
- Kurpelová, M., Coufal, L., Čulík, J. (1975): Agroklimatické podmínky ČSSR, 1. Vyd. Bratislava, Příroda, 1975, 270 s.
- Hájková, L., Kožnarová, V. (2012): Teplotní poměry na stanici Tušimice v období 1968–2011. 33. konference Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí, 15.–17. 5. 2011 Úpice, ISBN 978-80-86303-35-2, s. 79–83.
- Hayes, M. J., Dobrovský, M., Trnka, M., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., Žalud, Z., Semerádová, D. (2005): Application of drought indices to assess drought conditions in changed climate. In AGU Fall Meeting, San Francisco, 5–9 December 2005, poster – abstract available, <http://www.agu.org/meetings/fm05/waisfm05.html>.
- Nosek, M. (1972). Metody v klimatologii. Československá akademie věd, Praha 1972, Academia, 434 s.
- Sládek, I. (1989): Určování nástupu a ukončení zvolených teplot vzduchu metodou součtových řad odchylek. *Meteorologické zprávy*, ročník 42, 1989, č. 2, s. 52–56.
- Sládek, I. (2001): Spells of drought: climatological treatment. *ACTA UNIVERSITATIS CAROLINAE, GEOGRAPHICA*, No. 2, s. 147–153.
- Tolasz, R. et al. (2007): Atlas podnebí Česka. 1. vydání, ČHMÚ Praha/UP Olomouc, ISBN 978-80-86690-26-1 (ČHMÚ), ISBN 978-80-244-1626-7 (UP), 255 s.
- Treml, P. (2011): Největší sucha na území České republiky v období let 1875–2010. *Meteorologické zprávy*, ročník 64, 2011, č. 6, s. 168–176.
- Trnka, M., Kyselý, J., Možný, M., Dubrovský, M. (2009): Changes in Central-European soil-moisture availability and circulation patterns in 1881–2005. *International Journal of Climatology* 29: 655–672.

## Poděkování

Příspěvek vznikl s institucionální podporou Programu pro dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné instituce poskytnuté MŠMT ČR.