

Rozbor průběhu počasí na Churáňově (Šumava) v období 1983-2010 a jeho možná interpretace z hlediska dynamiky ekosystémů

Karel Matějka

IDS, Na Komořsku 2175/2a, 143 00 Praha 4

matejka@infodatasys.cz

Klima je dynamický systém, který se neustále vyvíjí. V tomto pohledu je termín "klimatické změny" pouhým módním pojmem. To však nemění nic na významu dynamiky klimatu. Proto byl roku 1989 založen Mezinárodní panel ke klimatické změně - IPCC (<http://www.ipcc.ch/>).

Nicméně je důležité vyhodnocovat dynamiku klimatu zvláště v případech, že současně pozorovatelné dynamické změny nejsou pouhými krátkodobými oscilacemi (náhodnými fluktuacemi), ale vykazují určitý trend. Pokud se tyto výkyvy odehrávají v časových intervalech srovnatelných s životností edifikátorů určitého ekosystému, mohou vyvolávat změny chování celého ekosystému a následně i změnu (druhově) struktury tohoto ekosystému. Proto je oprávněné provést srovnání klimatických charakteristik několika posledních let s předcházející periodou takzvaného klimatického normálu (v ČR je běžně uvažováno období 1961-1990; KVĚTOŇ 2001). Pro stanici Churáňov bylo takové porovnání provedeno pro období 1998-2010 (MATĚJKA 2011). V regionu Šumavy je zhodnocení dynamiky klimatu důležité pro posouzení pozorovaných změn jak v druhovém složení některých travních společenstev, tak pro pochopení dynamiky podkorního hmyzu způsobujícího rozpad stromové etáže některých smrkových porostů.

Předkládané vyhodnocení může být doplněno šetřením delší časové řady, které provedl na Šumavě KETTLE ET AL. (2003). Výsledky ze Šumavy odpovídají poznatkům pro celou střední Evropu (BRÁZDIL ET AL. 2010; DOBROVOLNÝ ET AL. 2010). Lze zhruba konstatovat, že oteplování je znatelné od začátku 20. století, přičemž tato změna nebyla pravidelná: po přibližně prvních 40 letech vzrůstu průměrných teplot následovalo asi 20 let dlouhé období teplotního poklesu či stagnace, poté došlo k dalšímu vzrůstu průměrných teplot. Tento poslední vzrůst trvá dodnes.

Mimo běžně vyhodnocovaných průměrných teplot je potřebné věnovat pozornost i srážkovým úhrnům, které se mohou projevat ve formě záplav (GLASER ET AL. 2010). Podrobná analýza vývoje různých parametrů počasí v průběhu 20. století na území České republiky je dostupná pro observatoř umístěnou na vrcholu Milešovky v Českém středohoří, v území dostatečně vzdáleném od větších měst, tedy i málo ovlivněná lokálními a přímými antropogenními vlivy (BRÁZDIL ET AL. 1999).

Metodika

Základní charakteristiku meteorologické stanice Churáňov uvádějí STANĚK ET BEDNAŘÍK (1998).

Zpracována byla data, která byla publikována Českým hydrometeorologickým ústavem v rámci periodika Měsíční přehled počasí (ČHMÚ 1983-2010). Jedná se o průměrné hodnoty teploty vzduchu ve 2 m nad zemí, úhrn srážek a celkovou dobu slunečního svitu vždy za pětidenní periodu (pentádu) v měsíci začínající vždy 1., 6., 11., 16., 21. a 26. dne v daném měsíci (poslední perioda má tedy proměnlivou délku 3 až 6 dnů). Vzhledem k proměnlivosti poslední periody byla data úhrnů srážek a délky slunečního svitu přepočítána vždy na období jednoho dne. Při všech výpočtech průměrných hodnot byly jednotlivé hodnoty váženy počtem dnů příslušného "pětidenního" období.

Základem pro zpracování se stal výpočet klouzavých průměrů pro všechny tři hodnocené parametry klimatu při užití měsíční, čtvrtletní a roční délky "okna". Prvý průměr dostatečně přesně popisuje variabilitu počasí v kratších periodách. Čtvrtletní klouzavý průměr byl využit zvláště pro charakterizaci jednotlivých vegetačních sezón a zim. Roční klouzavý průměr dokáže odhalit variabilitu klimatu v období několika let.

Z předchozích šetření (MATĚJKA 2011) vyplývá, že v rámci roku je možno uvažovat vegetační sezónu ohraničenou měsíci duben a srpen. Počasí v září již vykazuje odlišnou dynamiku (vzhledem k předchozím letním měsícům) při srovnání posledních let a dlouhodobého normálu. Období duben až srpen představuje měsíce, které mají teplotu na Churáňově v posledních letech statisticky průkazně vyšší ve srovnání s obdobím klimatického normálu (MATĚJKA 2011). Proto byly pro jednotlivé roky vypočteny průměrné hodnoty pro měsíce duben-srpen (tzv. vegetační období).

Průměrná roční dynamika jednotlivých charakteristik byla hodnocena na základě měsíčních průměrů pro různá období - jednak to byly jednotlivé dekády (1983-1990, 1991-2000 a 2001-2010) a dále dvě rozlišené klimatické periody (1983-1994 a 1995-2010), které byly definovány na základě výrazně odlišného chování srážek, které bude popsáno v příslušné kapitole výsledků. Jednotlivé průměry byly srovnávány s obdobím takzvaného klimatického normálu (KVĚTOŇ 2001).

Trendy v dlouhodobém vývoji jednotlivých charakteristik byly stanovovány pomocí lineární regrese metodou nejmenších čtverců.

Vzhledem k tomu, že aktuální vlhkost půdy je závislá nejen na úhrnu srážek v posledním období, ale též na srážkách v čase předcházejícím a to s mírou klesající s délkou časového intervalu mezi srážkou a současností, byl navržen index vlhkosti (W) počítaný ze srážek v posledním pětíměsíčním období dle vzorce

$$W(n) = \sum_{i=0}^{29} \frac{V_{n-i}}{2^{i/6}}$$

kde V_x je srážkový úhrn v x -té pětidenní periodě (poznámka: všechny výpočty byly ve skutečnosti dělány s ohledem na skutečnou délku "pětidenní" periody). Každodennímu rovnoměrnému srážkovému úhrnu ve výši 1 mm odpovídá hodnota indexu vlhkosti $W = 44.4$ mm.

Protože při extrémně vysokých srážkách většina vody není zachytávána v půdě, ale odtéká, nemají srážky vyšší nežli určitý limit význam pro zvyšování vlhkosti stanoviště. Proto byl navržen redukovaný index vlhkosti (W_r), kde jsou započítávány srážky až do limitního objemu (V_{lim})

$$W_r(n) = \sum_{i=0}^{29} \frac{\text{Min}(V_{n-i}, V_{lim})}{2^{i/6}}$$

Hodnota V_{lim} byla stanovena jako 95% percentil všech pětidenních úhrnů srážek (48 mm, tedy 9.6 mm d⁻¹).

Každá pětidenní perioda byla označena za suchou, vlhkou nebo normální podle toho, jestli index W byl nižší nežli 10% percentil, vyšší než 90% percentil nebo mezi těmito limitními hodnotami. Percentily byly stanoveny vždy pro roční období dané pětidenní periody ± 1 sousední pětidenní perioda.

Výsledky a diskuse

Teplota vzduchu

Nejteplejší bylo letní období v obecně klimaticky extrémním roce 2003 (cf. REBETEZ ET AL. 2006), následovaly roky 1992 a 1994, 2006 a 1983. Jiné pořadí nejteplejších roků je možno získat uvažujeme-li nejvyšší zaznamenané pětidenní průměry: 1992 (21,7 °C), 1994 (21,5 °C) a 2003 (21,0 °C). Výrazně teplá léta se objevují přibližně v desetileté periodě (Obr. 1-2).

Extrémně chladné byly zimy především v osmdesátých letech (1984/5 až 1986/7), kdy byla zaznamenána extrémní minima pětidenních průměrů teplot (postupně -17,4, -15,1 a -17,3 °C pro tyto zmíněné zimy). Mezi výrazně chladnější náležely rovněž pozdější zimy 1995/6 a 2009/10. Na druhé straně je potřeba zmínit extrémně teplé zimy 1989/90 a 2006/7, kdy se průměrné teploty pohybovaly kolem 0 °C.

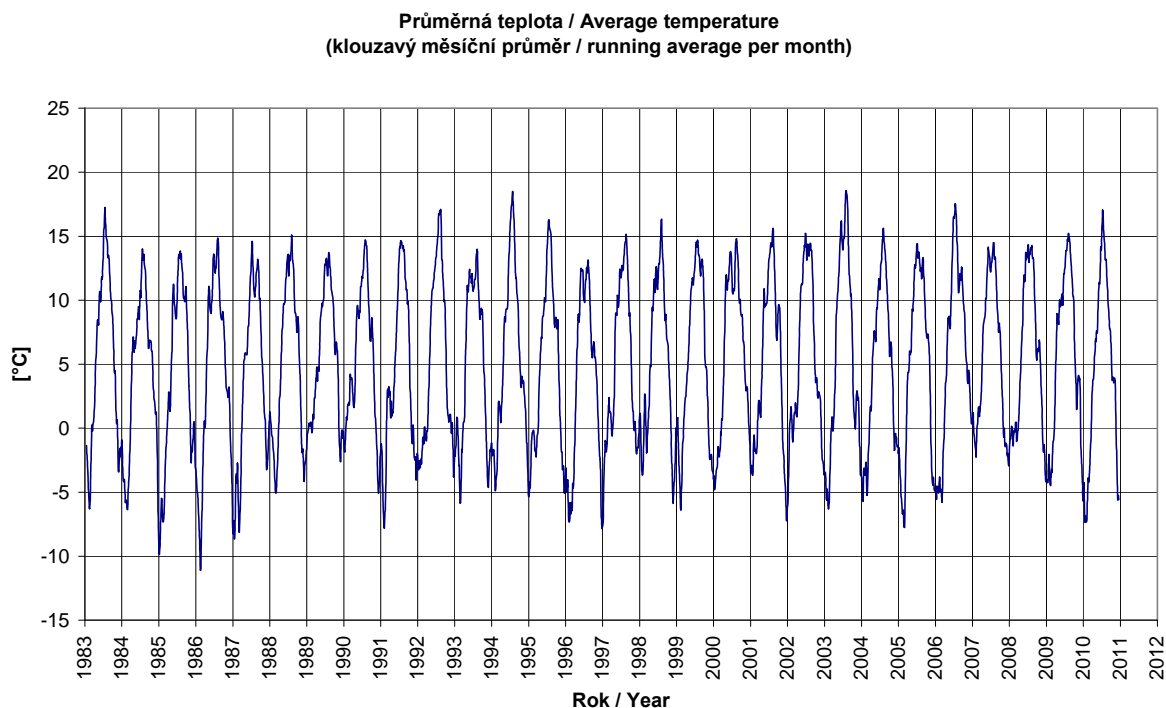
Důležité je zaznamenat výskyt epizodického oteplení v průběhu zimy, kdy průměrná teplota překročí 0 °C. Takové jevy byly na Churáňově relativně časté. Zaznamenány byly v letech 1985/6 (4 pětidenní periody v prosinci, průměr až 6,4 °C), 1987/8 (7 period prosinec-leden, průměr až 2,9 °C), 1994/5 (2 periody v únoru, průměr až 1,8 °C), 1997/8 (5 period prosinec-leden, průměr až 5,5 °C), 1998/9 (delší období 8 period, kdy však vzestup teplot byl opakovaně následován periodou s poklesem teplot, průměr až 2,8 °C), 2007/8 (2 periody, průměr až 1,9 °C, následný pokles teplot však již nebyl příliš hluboký) a 2010/2011 (2 periody vzestupu teplot v lednu s průměrem až 2,8 °C a jedna perioda v únoru s průměrem až 1,2 °C). Na význam těchto zimních vzestupů teplot pro snížení vitality smrku (*Picea abies*) v důsledku zimní desikace poukázal HAIS (2007).

Nejvyšší hodnoty klouzavých ročních průměrů teplot (Obr. 3) byly zaznamenány na přelomu let 2006 a 2007, naopak nejnižší se tyto hodnoty pohybovaly v několika letech na začátku sledovaného období (1984 až 1987) a v roce 1996. Lineární regrese klouzavých ročních průměrů teploty vzduchu za roky 1983 až 2010 ukazuje statisticky průkazný vzestup teplot: $T = -84.75 + 0.0449 \cdot \text{year}$ ($r = 0.4871$; $p < 0.0001$). Vyšší vzestup průměrných teplot byl zaznamenán v období 1983 až 1994 ($T = -220.00 + 0.1129 \cdot \text{year}$; $r = 0.5472$; $p < 0.0001$) ve srovnání s obdobím 1995 až 2010 ($T = -97.69 + 0.0513 \cdot \text{year}$; $r = 0.3443$; $p < 0.0001$).

Obdobný trend průměrných teplot ve vegetačním období (měsíce 4-8; Obr. 4) je možno popsat lineární regresí $T = -98.60 + 0.055 \cdot \text{year}$ ($r = 0.4498$; $p = 0.016$). Vzestup průměrných teplot ve vegetačním období byl tedy vyšší nežli vzestup celoročních průměrů. Přestože lineární regrese maximálních hodnot pětidenních

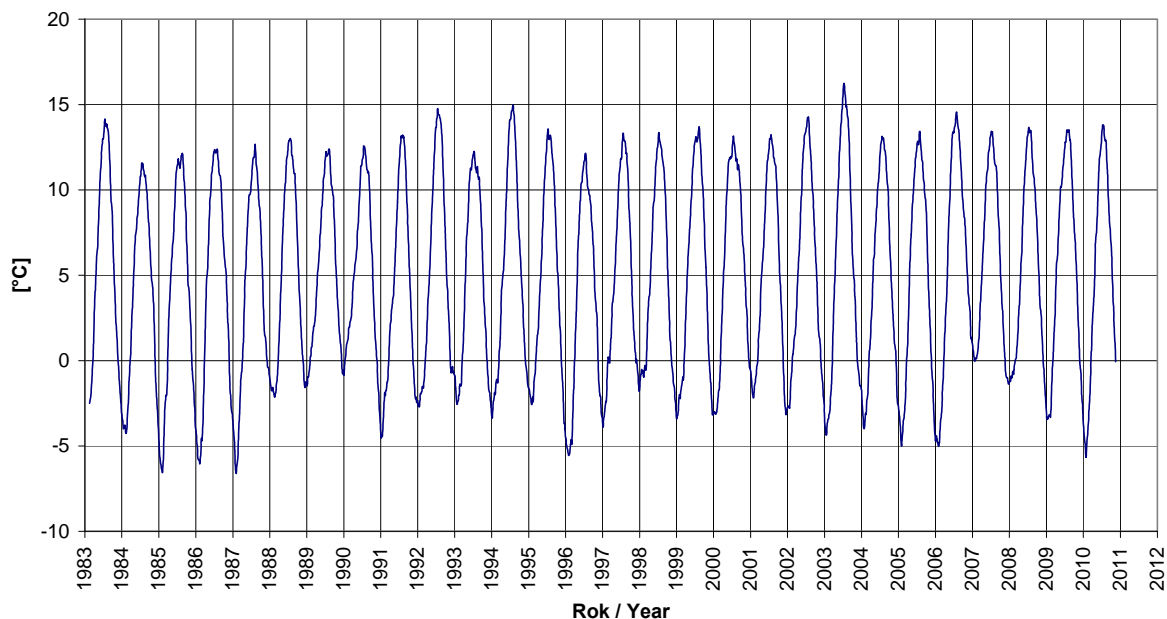
průměrů teplot v jednotlivých létech a regrese minimálních hodnot pětidenních průměrů teplot v jednotlivých zimních periodách naznačuje vzrůst obou těchto hodnot, jejich nárůst není pro velkou variabilitu statisticky signifikantní. Maxima klouzavých čtvrtletních průměrů teploty (t.j. průměrná teplota letního období) se v průběhu sledovaných let statisticky průkazně zvyšovala jak dokládá jejich lineární regrese $T_{\max(q)} = -94,38 + 0,054 \cdot \text{year}$ ($r = 0,446$; $p = 0,0175$), tedy prakticky stejně jako tomu je u vzrůstu teplot ve vegetačním období. Oproti tomu pro minimální čtvrtletní klouzavé průměry teploty (t.j. průměrné teploty zimního období) se jednoznačný trend nepodařil prokázat.

Roční chod průměrných teplot se v jednotlivých dekáдах postupně odchyloval od průměrného chodu v rámci klimatického normálu (Obr. 5). Výrazné rozdíly lze zaznamenat zvláště v případě rozdělení sledovaného období na dvě periody s přelomem 1994/1995 (Obr. 6). Do roku 1994 byl patrný nárůst průměrných teplot oproti klimatickému normálu jak v letních měsících červenec a srpen, tak v zimním období prosinec - leden, přičemž statisticky signifikantní byl rozdíl pouze v srpnu a prosinci (Tabulka 1). Průměrná roční teplota se zvýšila o 0,4 °C (statisticky neprůkazně). Od roku 1995 nastal statisticky signifikantní vzestup průměrných teplot vzduchu ve srovnání s obdobím klimatického normálu ve všech měsících duben až srpen. Mimo podzimní období (září - říjen) byla pozorována kladná průměrná teplotní odchylka od normálu. Rovněž vzestup průměrné roční teploty o 0,8 °C byl statisticky signifikantní. Obě rozlišená období se statisticky signifikantně odlišují průměrnou teplotou jediného měsíce - června. Roční teplotní minimum bylo v prvním období v únoru, ale v druhém období se přesunulo už do prosince.



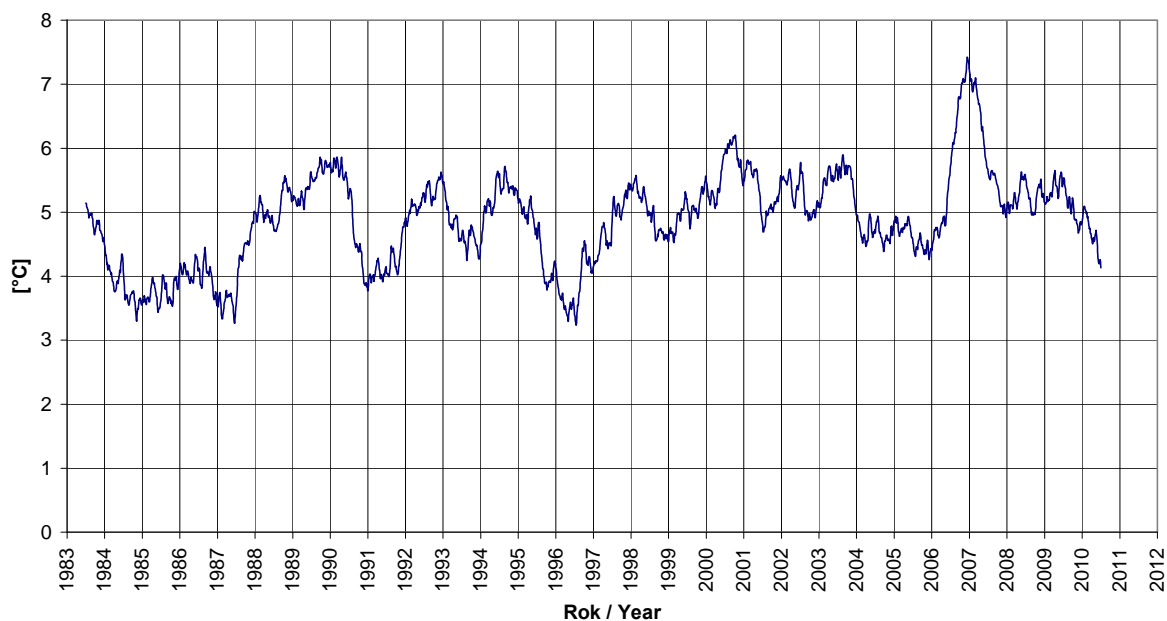
Obr. 1. Klouzavý měsíční průměr teplot vzduchu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.

Průměrná teplota / Average temperature
(klouzavý čtvrtletní průměr / running average per quarter)

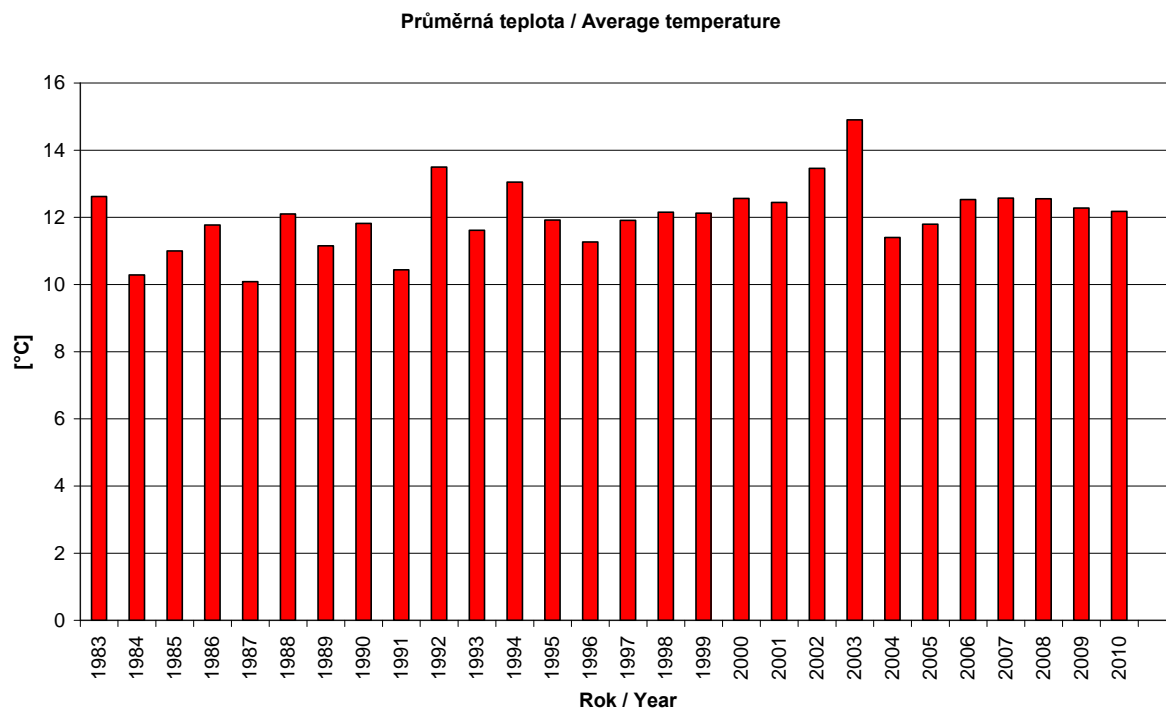


Obr. 2. Klouzavý čtvrtletní průměr teplot vzduchu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.

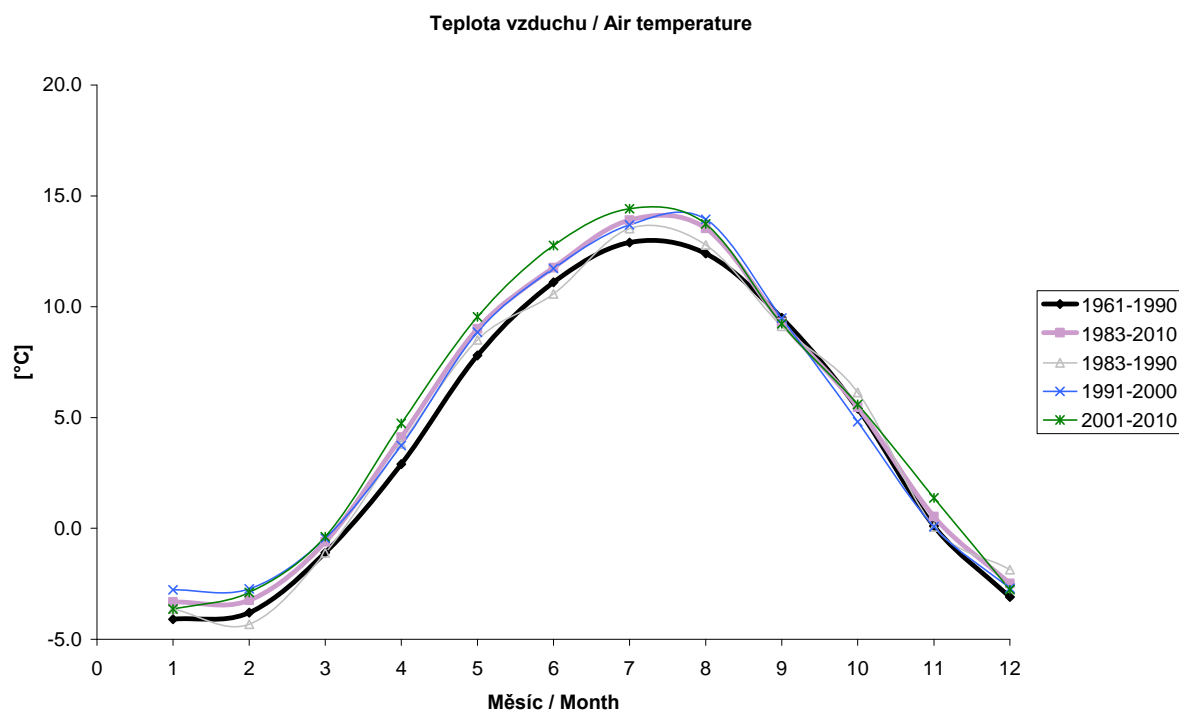
Průměrná teplota / Average temperature
(klouzavý roční průměr / running average per year)



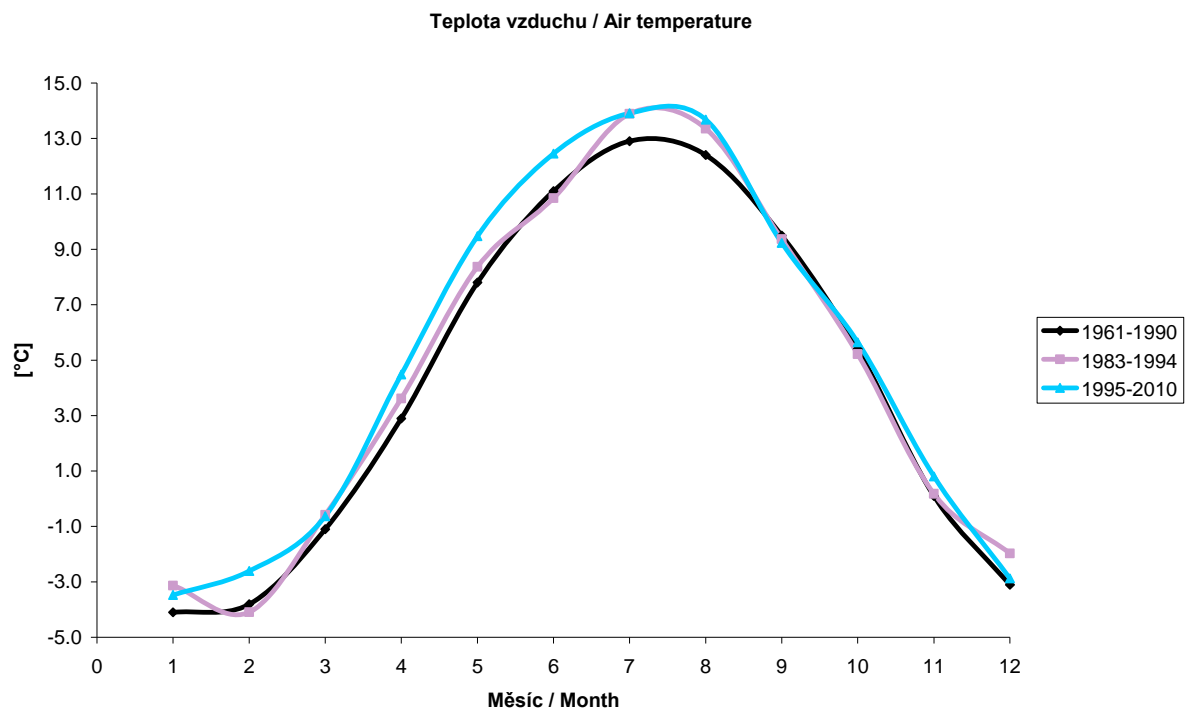
Obr. 3. Klouzavý roční průměr teplot vzduchu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



Obr. 4. Průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období (měsíce duben až srpen) na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



Obr. 5. Roční chod měsíčních průměrů teplot vzduchu na stanici Churáňov v posledních dekáдах ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.



Obr. 6. Roční chod měsíčních průměrů teplot vzduchu na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

Tabulka 1. Srovnání průměrných měsíčních teplot na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů. p - pravděpodobnost chyby, s_x - směrodatná odchylka.

Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
N (1961-1990)		-4.1	-3.8	-1.1	2.9	7.8	11.1	12.9	12.4	9.5	5.4	0.1	-3.1	4.2
A (1983-1994)		-3.13	-4.09	-0.58	3.62	8.37	10.84	13.89	13.35	9.37	5.22	0.18	-1.97	4.59
B (1995-2010)		-3.47	-2.60	-0.63	4.49	9.47	12.45	13.91	13.68	9.23	5.65	0.81	-2.87	5.01
A-B	t	0.37	-1.31	0.06	-1.32	-1.75	-2.85	-0.03	-0.56	0.21	-0.56	-0.81	1.32	-1.56
	p	0.712	0.200	0.956	0.200	0.093	0.008	0.973	0.579	0.838	0.578	0.423	0.199	0.132
A	s_x	2.93	3.48	2.83	1.37	2.11	1.24	1.84	1.43	1.41	1.51	1.93	1.40	0.74
B	s_x	1.95	2.51	1.69	1.96	1.22	1.63	1.71	1.58	1.98	2.28	2.09	2.04	0.68
	F	2.26	1.93	2.82	2.05	2.99	1.72	1.15	1.22	1.96	2.27	1.17	2.13	1.17
	p	0.144	0.236	0.064	0.233	0.051	0.368	0.783	0.757	0.265	0.175	0.810	0.210	0.766
A-N	t	1.15	-0.29	0.63	1.82	0.94	-0.71	1.87	2.30	-0.32	-0.41	0.14	2.81	1.83
	p	0.276	0.780	0.540	0.097	0.370	0.490	0.088	0.042	0.755	0.689	0.892	0.017	0.095
B-N	t	1.28	1.91	1.12	3.24	5.48	3.33	2.37	3.24	-0.55	0.44	1.35	0.45	4.74
	p	0.219	0.075	0.282	0.005	0.000	0.005	0.032	0.006	0.593	0.669	0.196	0.659	0.000

Úhrn srážek

Měsíční (Obr. 7) i čtvrtletní (Obr. 8) klouzavé průměry denních úhrnů srážek jsou značně rozkolísané. Dobře jsou však na těchto grafech vidět extrémní maxima srážkových úhrnů v letech 2002, 2009 a 2005.

Na základě klouzavých ročních průměrů denních srážek za roky 1983 až 2010 (Obr. 9) byl zjištěn statisticky průkazný vzestup denních srážek $V = -36.35 + 0.020 \cdot \text{year}$ ($r = 0.3566$; $p < 0.0001$).

Obdobný trend průměrných úhrnů denních srážek ve vegetačním období (měsíce 4-8; Obr. 10) je možno popsat lineární regresí $V = -88.23 + 0.046 \cdot \text{year}$ ($r = 0.4019$; $p = 0.0340$). Navíc od roku 2002 je vidět výrazné meziroční kolísání velikosti srážek ve vegetačním období - je možno rozlišit roky suché (2003, 2004, 2007 a 2008) a naopak vlhké, přičemž mezi nejvlhčí patřily roky 2002, 2005 a 2009, s nimiž byl z dlouhodobého hlediska srovnatelný pouze rok 1995 (viz předchozí klouzavé roční průměry, Obr. 9).

Z tabulky 2 je patrné, že ve sledovaném období 1983-2010 došlo k podstatné změně srážkového režimu v podzimním až zimním období roku 1994. Do té doby se jednalo o relativně sušší periodu s více-méně vyrovnanými srážkami, kdy nadprůměrné úhrny se vyskytovaly prakticky pouze od prosince do května (výjimkou jsou červen 1986 a srpen 1991). Od roku 1995 došlo k výraznému rozkolísání srážkových úhrnů. Častěji se vyskytují roky extrémně vlhké (1995, 2002, 2005). Jediný rok byl skoro celý výrazně suchý (2003). Obecně se střídají relativně krátké úseky vlhké a suché.

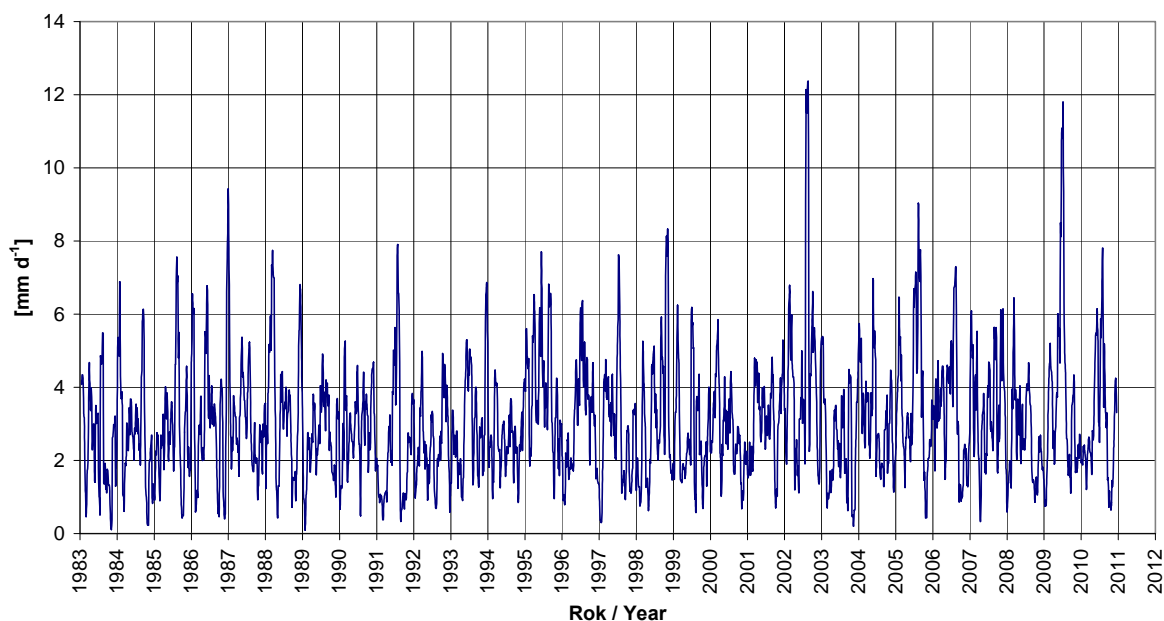
Index vlhkosti vykazuje statisticky průkazný vzestup v čase. Lineární regrese $W = -1631 + 0.886 \cdot \text{year}$ ($r = 0.15$; $p < 0.001$) ukazuje nárůst vyšší oproti regresi indexu redukovaného (bez započtení vysokých srážkových extrémů) $W_r = -1138 + 0.635 \cdot \text{year}$ ($r = 0.14$; $p < 0.001$), což je v souladu s poznatkem o zvyšování frekvencí extrémních srážek v průběhu času. Průměrné hodnoty W_r ve vegetačním období (duben až srpen) vzrůstají o 0.823 mm za rok. Extrémně nízké průměry W_r byly zjištěny v letech 1992 (103 mm), 1999 (104 mm) a 2003 (103 mm), naopak vysoké byly v letech 1995 (181 mm) a 2009 (180 mm).

Lineární regrese klouzavých ročních denních průměrů srážek ukazuje mírný pokles srážek v období 1983 až 1994 ($V = 28.15 - 0.0127 \cdot \text{year}$ ($r = -0.1336$; $p = 0.0001$)) a prakticky nulový trend v periodě 1995-2010 ($V = -6.81 + 0.0050 \cdot \text{year}$ ($r = 0.0515$; $p = 0.0837$)). Z výše uvedeného vyplývá existence určité diskontinuity ve výskytu srážek v době 1994/1995, což je patrné i z průběhu ročních klouzavých průměrů srážkových úhrnů (Obr. 9).

Jednotlivé dekády se z hlediska ročního rozdělení srážek a jejich úhrnů liší jak mezi sebou navzájem, tak oproti období klimatického normálu (Obr. 11). Nejvíce je patrný nárůst úhrnu srážek v druhé polovině zimního období a naopak úbytek srážek v dubnu. Dále se posouvá maximum srážek z června na červenec až srpen, tedy do období, kdy srážky mají již nižší význam z hlediska rozvoje vegetace, nežli je tomu v časné letním období roku.

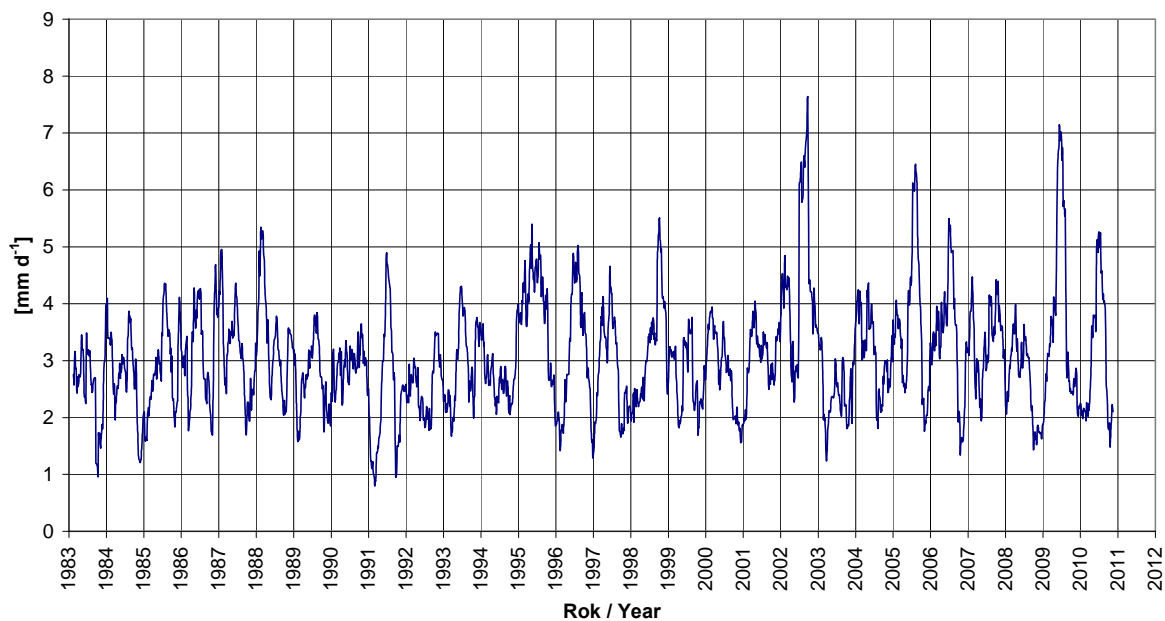
Pro obě periody ve srovnání s klimatickým normálem je zřejmý pokles srážek v dubnu, statistická průkaznost tohoto poklesu je však slabá (Tabulka 3). Perioda 1983-1994 je oproti době klimatického normálu mírně sušší, přičemž jediným měsícem s průkazně nižšími srážkami byl červen, vegetační sezona (duben až srpen) byla výrazně sušší. V zimě (prosinec - březen) byl naznačen vzrůst srážkových úhrnů (Obr. 12). Naopak perioda 1995-2010 byla průměrně vlhká, úhrn srážek se však nezvýšil statisticky průkazně, protože existuje zvýšená rozkolísanost meziročních úhrnů srážek. Oproti období klimatického normálu došlo ke statisticky průkaznému zvýšení srážek v době pozdní zimy (únor - březen). Díky epizodickým přívalovým srážkám se zvýšil průměrný úhrn srážek od července do října. Srovnání obou period ukazuje statisticky průkazný nárůst úhrnů srážek v červenci.

**Průměrné srážky / Average precipitation
(klouzavý měsíční průměr / running average per month)**



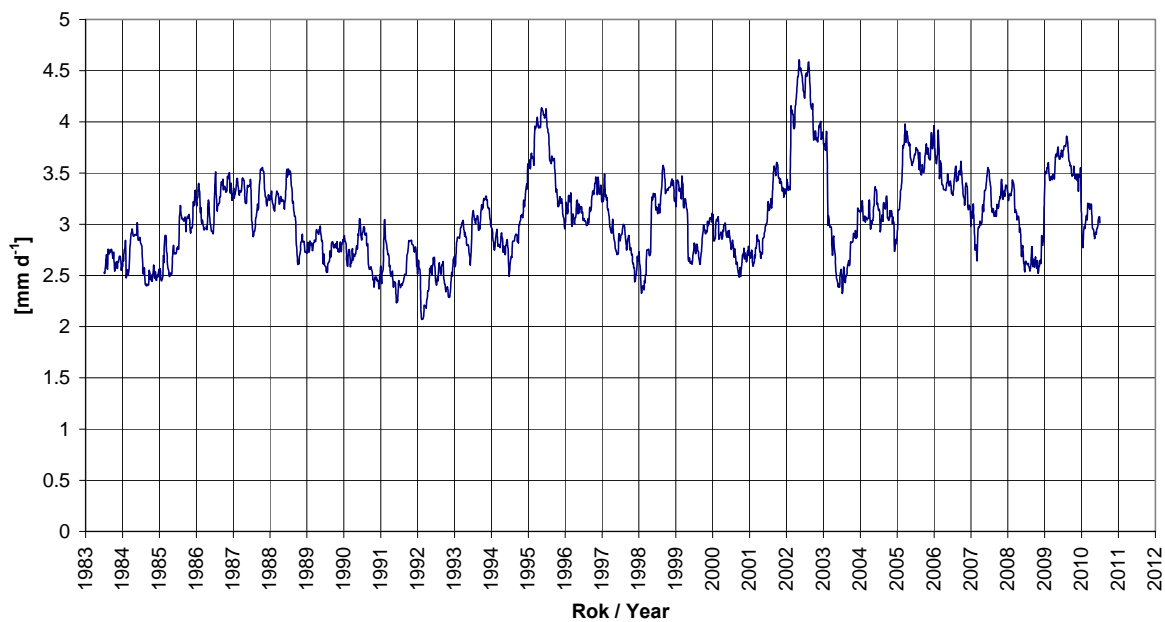
Obr. 7. Klouzavý měsíční průměr denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v letech 1983-2010.

Průměrné srážky / Average precipitation
(klouzavý čtvrtletní průměr / running average per quarter)

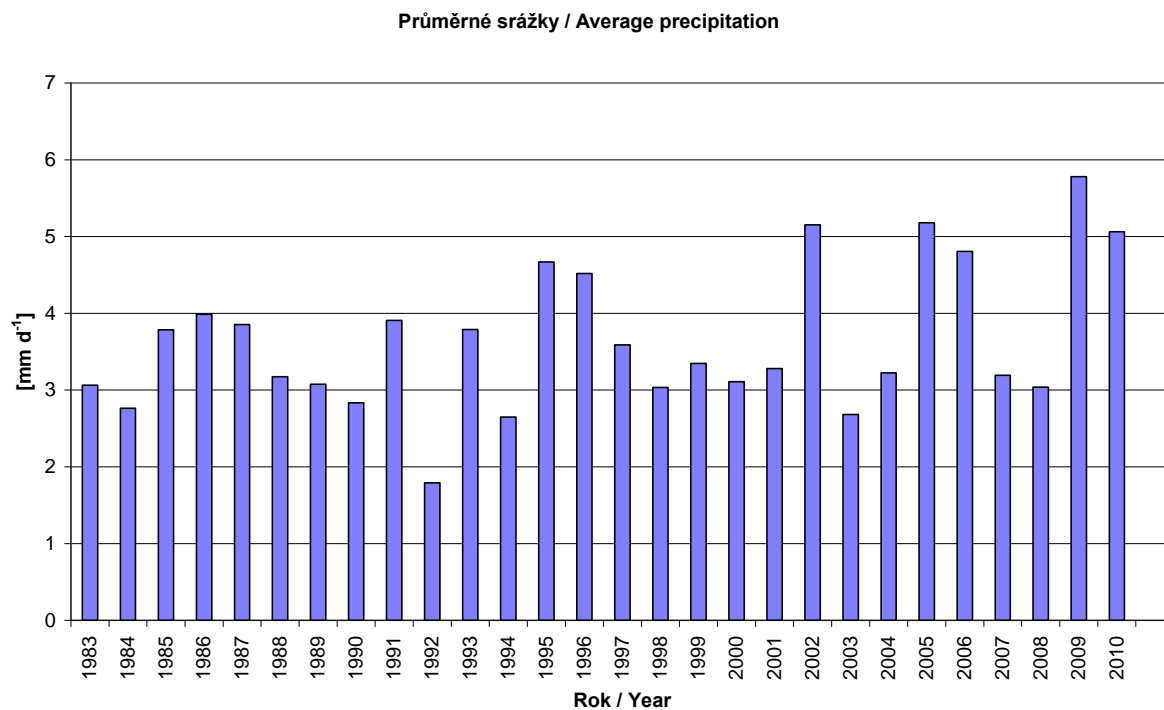


Obr. 8. Klouzavý čtvrtletní průměr denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v letech 1983-2010.

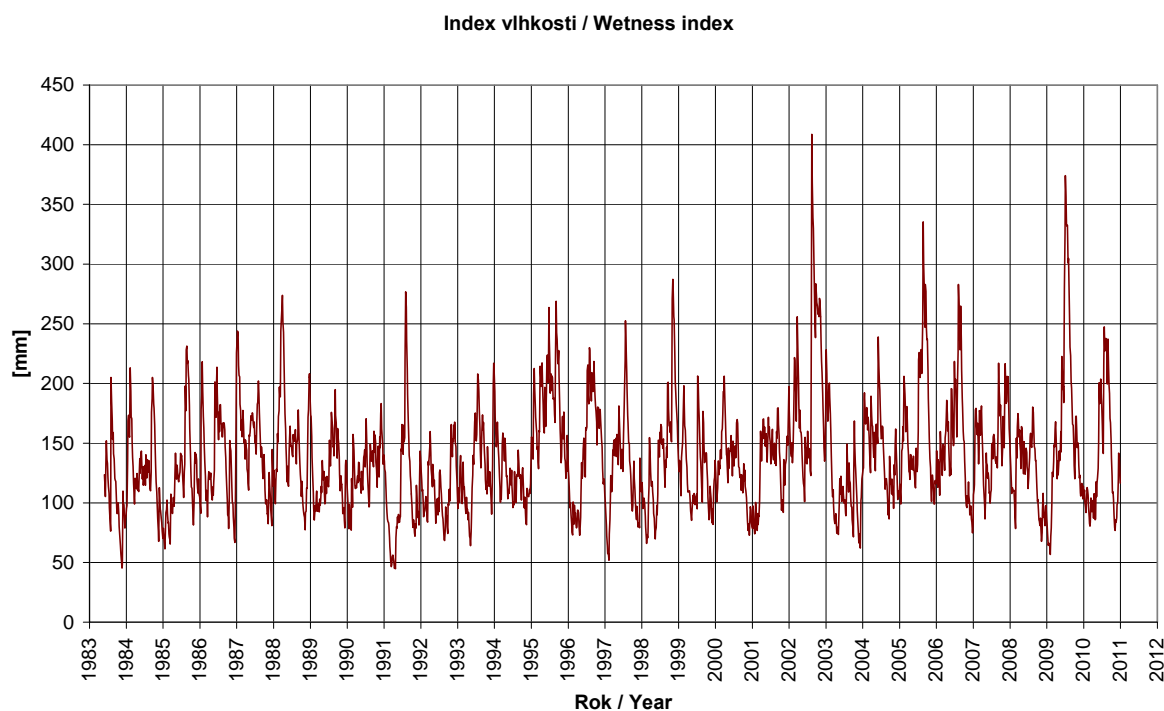
Průměrné srážky / Average precipitation
(klouzavý roční průměr / running average per year)



Obr. 9. Klouzavý roční průměr denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



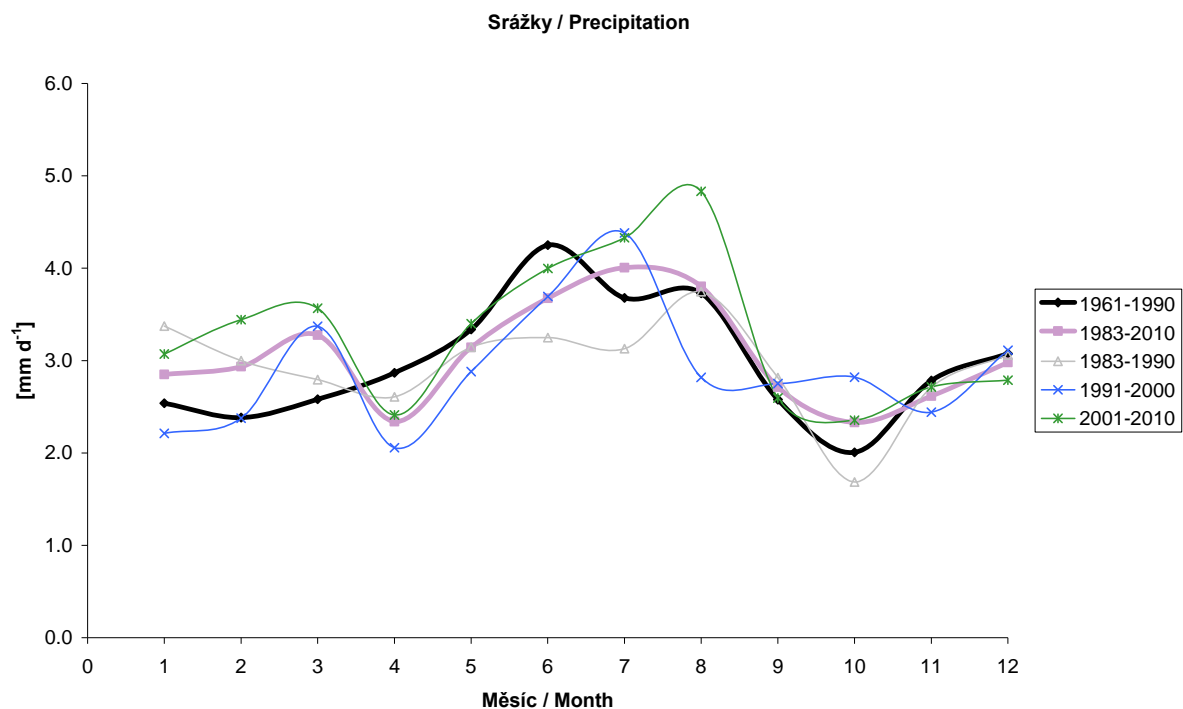
Obr. 10. Průměr denních úhrnů srážek ve vegetačním období (měsíce duben až srpen) na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



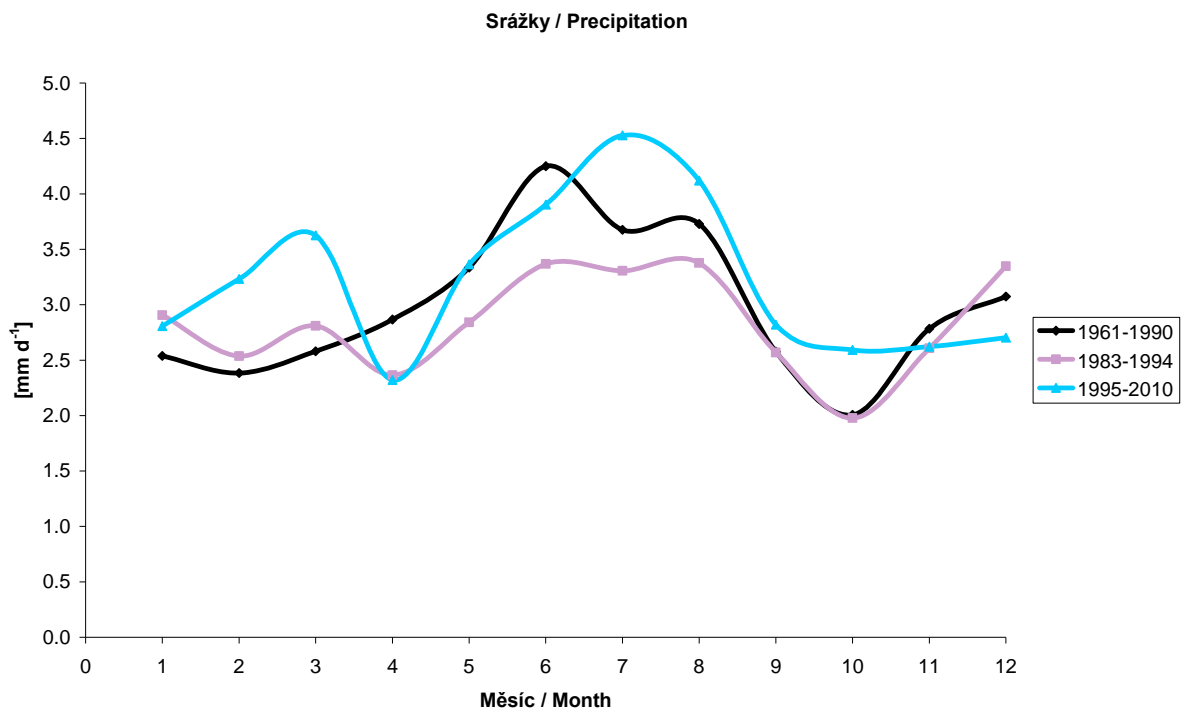
Obr. 11. Průběh indexu vlhkosti (W) na stanici Churáňov v letech 1983-2010.

Tabulka 2. Počet vlhkých/suchých pětidenních period v jednotlivých měsících let 1983 až 2010 počítaných na základě indexu vlhkosti (W).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Celkem
1983					-/-	-/-	-/4	-/-	-/1	-/3	-/5	-/1	-/14
1984	-/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/2	-/3	2/6
1985	-/4	-/1	-/3	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/9
1986	3/-	-/-	-/1	-/-	1/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/3	-/-	1/3	7/7
1987	6/-	1/-	1/-	-/-	4/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	12/-
1988	-/-	1/-	6/-	5/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	4/-	16/-
1989	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/1
1990	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/2	-/-	-/-	-/-	1/-	1/2
1991	-/-	-/2	-/6	-/6	-/5	-/3	-/-	2/-	-/-	-/5	-/1	-/-	2/28
1992	-/-	-/-	-/-	-/-	-/2	-/5	-/1	-/6	-/5	-/-	-/-	-/-	-/19
1993	-/-	-/-	-/-	-/1	-/4	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	3/-	3/5
1994	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/4	-/1	-/-	-/-	-/-	-/-	1/6
1995	1/-	2/-	1/-	6/-	5/-	6/-	1/-	-/-	6/-	2/-	1/-	-/-	31/-
1996	-/-	-/2	-/3	-/2	-/-	-/-	2/-	-/-	-/-	3/-	-/-	-/-	5/7
1997	-/3	-/3	-/-	-/-	2/-	-/-	3/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/1	5/8
1998	-/-	-/4	-/1	-/-	-/3	-/1	-/-	-/1	-/-	1/-	6/-	3/-	10/10
1999	-/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/2	1/1	-/2	-/-	-/-	-/-	-/-	3/5
2000	-/-	-/-	2/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/1	-/3	3/4
2001	-/2	-/1	-/-	1/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	2/-	4/3
2002	1/-	3/-	5/-	2/-	1/-	-/1	-/-	5/-	6/-	6/-	6/-	-/-	35/1
2003	4/-	3/-	-/1	-/5	-/1	-/1	-/4	-/2	-/4	-/-	-/3	-/2	7/23
2004	2/-	-/-	-/-	-/-	1/-	3/-	-/-	-/-	-/4	-/-	-/-	-/-	6/4
2005	-/-	4/-	1/-	-/-	-/-	-/-	3/-	3/-	6/-	3/-	-/-	-/-	20/-
2006	-/-	-/-	-/-	2/-	1/-	1/-	-/-	4/-	1/-	-/-	-/-	-/1	9/1
2007	-/-	-/-	1/-	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	1/-	5/-	4/-	11/1
2008	-/-	-/-	1/-	1/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/3	-/3	-/-	2/6
2009	-/6	-/2	-/-	-/-	2/-	4/-	6/-	3/-	-/-	2/-	-/-	-/-	17/8
2010	-/-	-/-	-/-	-/1	-/-	2/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	4/1
Celkem	18/15	18/15	18/15	18/15	18/15	18/15	18/15	17/15	19/15	18/14	18/15	18/15	216/179



Obr. 12. Roční chod měsíčních průměrů denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v posledních dekadách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.



Obr. 13. Roční chod měsíčních průměrů denních úhrnů srážek na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

Tabulka 3. Srovnání průměrných denních úhrnů srážek v jednotlivých měsících na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách (klimatický normál N, A a B) a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů, p - pravděpodobnost chyby, s_x - směrodatná odchylka.

Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
N (1961-1990)		2.54	2.38	2.58	2.87	3.34	4.25	3.68	3.73	2.58	2.01	2.78	3.07	2.99
A (1983-1994)		2.91	2.54	2.81	2.37	2.84	3.37	3.31	3.38	2.57	1.98	2.61	3.35	2.83
B (1995-2010)		2.81	3.23	3.63	2.32	3.36	3.90	4.53	4.12	2.82	2.59	2.62	2.70	3.22
A-B	t	0.15	-1.15	-1.39	0.12	-1.06	-0.98	-2.13	-0.81	-0.42	-1.00	-0.03	1.07	-2.26
	p	0.883	0.259	0.177	0.906	0.297	0.338	0.043	0.426	0.677	0.325	0.973	0.294	0.032
A	s_x	1.72	1.58	1.73	0.88	1.44	0.92	1.36	1.53	1.44	1.25	1.10	2.08	0.36
B	s_x	1.79	1.58	1.38	1.10	1.16	1.72	1.60	2.88	1.65	1.82	1.18	1.07	0.50
	F	1.08	1.00	1.57	1.56	1.56	3.50	1.38	3.52	1.31	2.14	1.15	3.74	1.92
	p	0.920	1.000	0.409	0.464	0.418	0.042	0.596	0.041	0.657	0.206	0.834	0.020	0.279
A-N	t	0.74	0.35	0.46	-1.98	-1.19	-3.32	-0.95	-0.80	-0.02	-0.09	-0.55	0.47	-1.49
	p	0.475	0.736	0.656	0.074	0.258	0.007	0.362	0.443	0.981	0.931	0.596	0.651	0.165
B-N	t	0.60	2.16	3.02	-2.00	0.08	-0.81	2.12	0.54	0.58	1.28	-0.54	-1.37	1.84
	p	0.56	0.047	0.009	0.064	0.934	0.433	0.051	0.596	0.568	0.221	0.599	0.192	0.086

Délka slunečního svitu

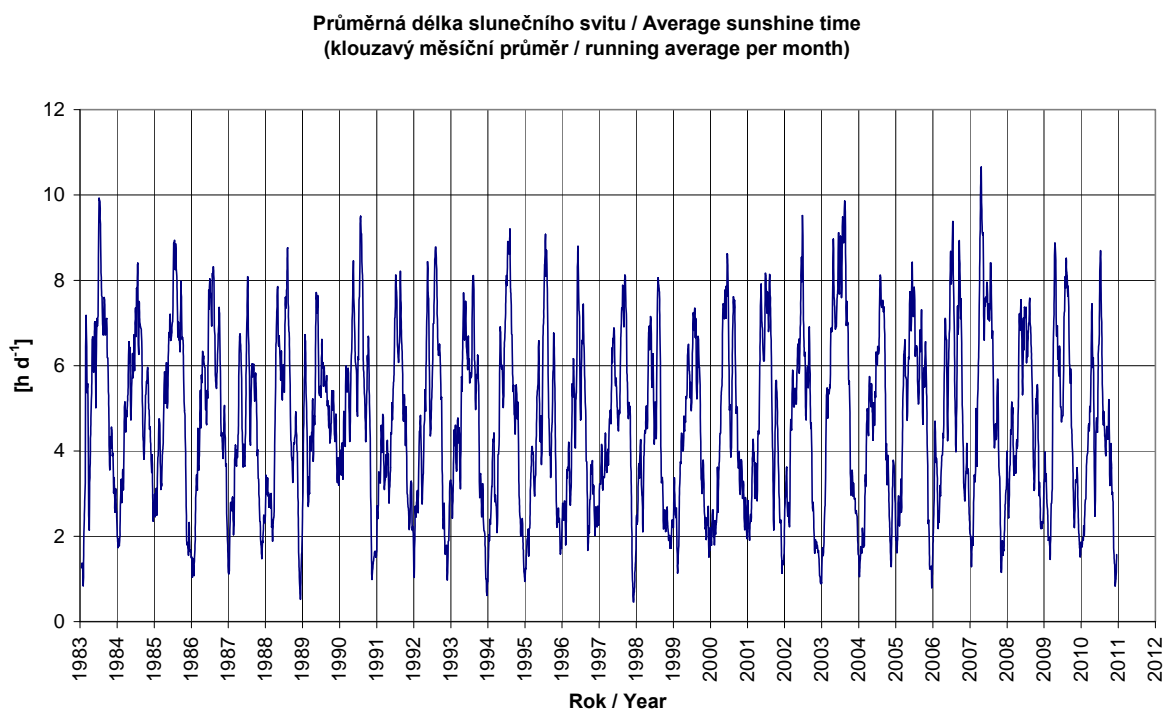
Jednotlivé roky jsou značně variabilní zvláště z hlediska maximální průměrné délky denního slunečního svitu v rámci letního čtvrtletí (Obr. 15). Z tohoto hlediska bylo nejméně slunečné letní období roku 2010, dále následovaly roky 1987, 1989 a 1998. Zajímavé je, že umístění těchto extrémů je ve shodě s extrémny přibližně jedenáctiletého cyklu sluneční aktivity.

Ve sledovaném období nebyl nalezen jednotný statisticky průkazný trend změny průměrné délky slunečního svitu (Obr. 16). V období 1991 až 2002 bylo zaznamenáno méně slunečního svitu ($4.43 \pm 0.23 \text{ h d}^{-1}$) ve srovnání s obdobím předcházejícím ($4.86 \pm 0.33 \text{ h d}^{-1}$) i následujícím ($4.87 \pm 0.38 \text{ h d}^{-1}$), přičemž tyto rozdíly jsou statisticky průkazné.

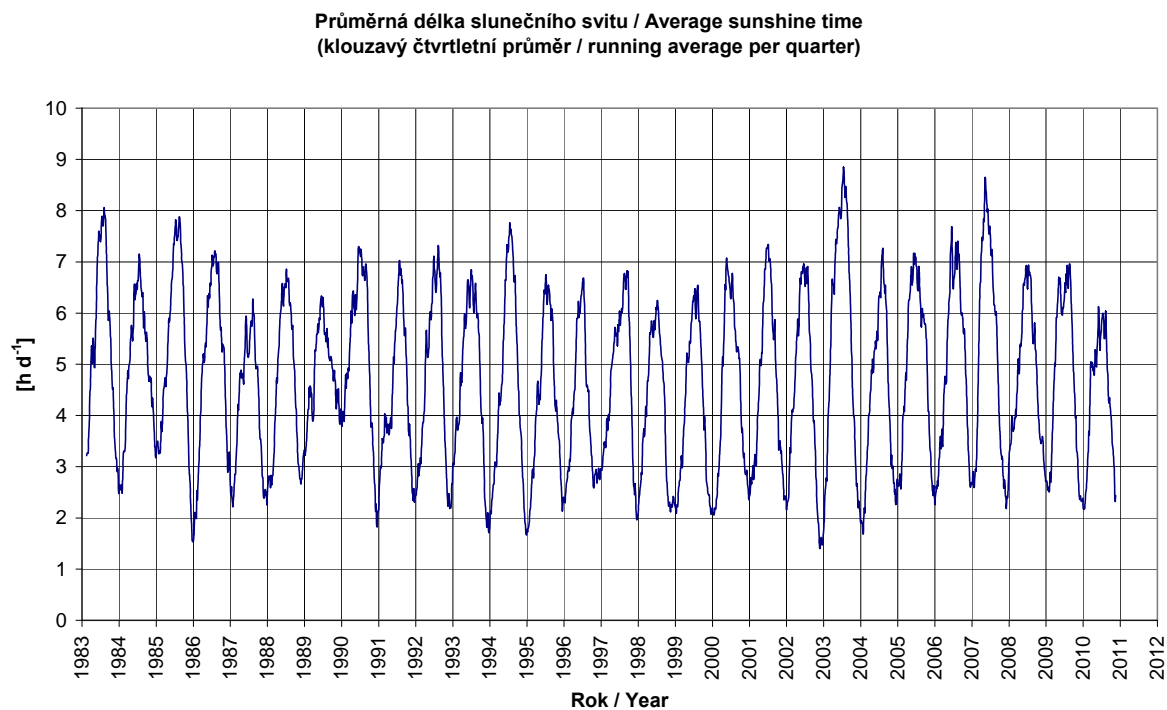
Celková doba slunečního svitu se v posledních desetiletích mění jen relativně málo. K určitému prodloužení oproti dlouhodobému normálu došlo v celém období 1983-2010 v měsících duben až srpen s výjimkou června (Obr. 18). Naopak zkrácení doby slunečního svitu bylo pozorováno v podzimním období - v měsících září a říjen. V období od listopadu do března se doba slunečního svitu průměrně nezměnila.

Výrazný rozdíl je však patrný, pokud dojde k rozdělení sledovaného období na periody do roku 1994 a od roku 1995 (Obr. 19). První perioda ukazuje výraznou rozkolísanost doby slunečního svitu v jednotlivých měsících, přičemž výrazný nárůst doby slunečního svitu byl zaznamenán v měsících červenec a srpen, v srpnu byl tento nárůst dokonce statisticky průkazný (Tabulka 4). Snížení slunečního svitu v červnu nelze pokládat za důsledek zvýšení objemu srážek, protože k tomu nedošlo. V periodě od roku 1995 je patrný nárůst doby slunečního svitu od dubna do června a pokles této doby v podzimních měsících září a říjen (v říjnu je tento pokles statisticky signifikantní). Rozdíly průměrné doby slunečního svitu pro jednotlivé měsíce v obou periodách však nebyly statisticky průkazné, lišil se však rozptyl hodnot v jednotlivých letech - ten byl pro periodu 1995-2010 signifikantně vyšší v dubnu a srpnu (mírně vyšší pro celé období červen až září) a naopak signifikantně nižší pro listopad.

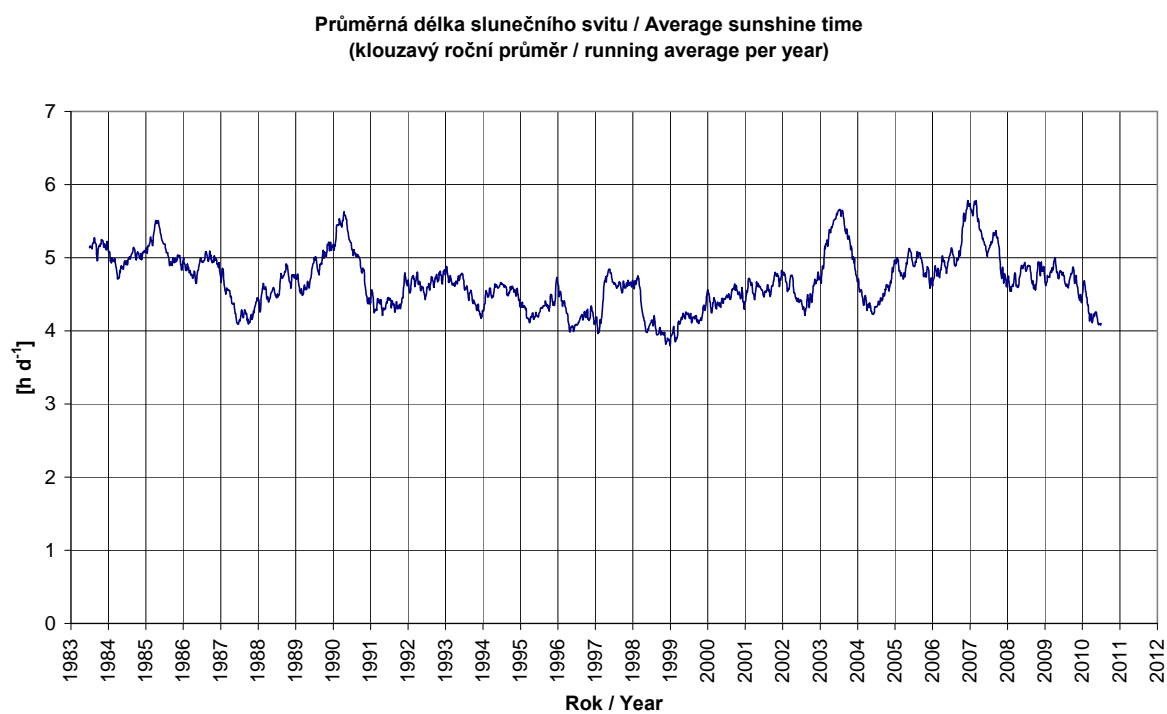
Rovněž lineární regrese klouzavých ročních průměrů denní délky slunečního svitu ukazuje podstatné zkracování této doby v letech 1983 až 1994 ($S = 96.28 - 0.0460 \cdot \text{year}$; $r = -0.4746$; $p < 0.0001$), narozdíl od období 1995 až 2010, kdy docházelo k prodlužování doby slunečního svitu ($S = -83.83 + 0.0442 \cdot \text{year}$; $r = -0.4960$; $p < 0.0001$), přičemž rychlost zkracování i prodlužování této doby byla v obou obdobích prakticky shodná v absolutní hodnotě.



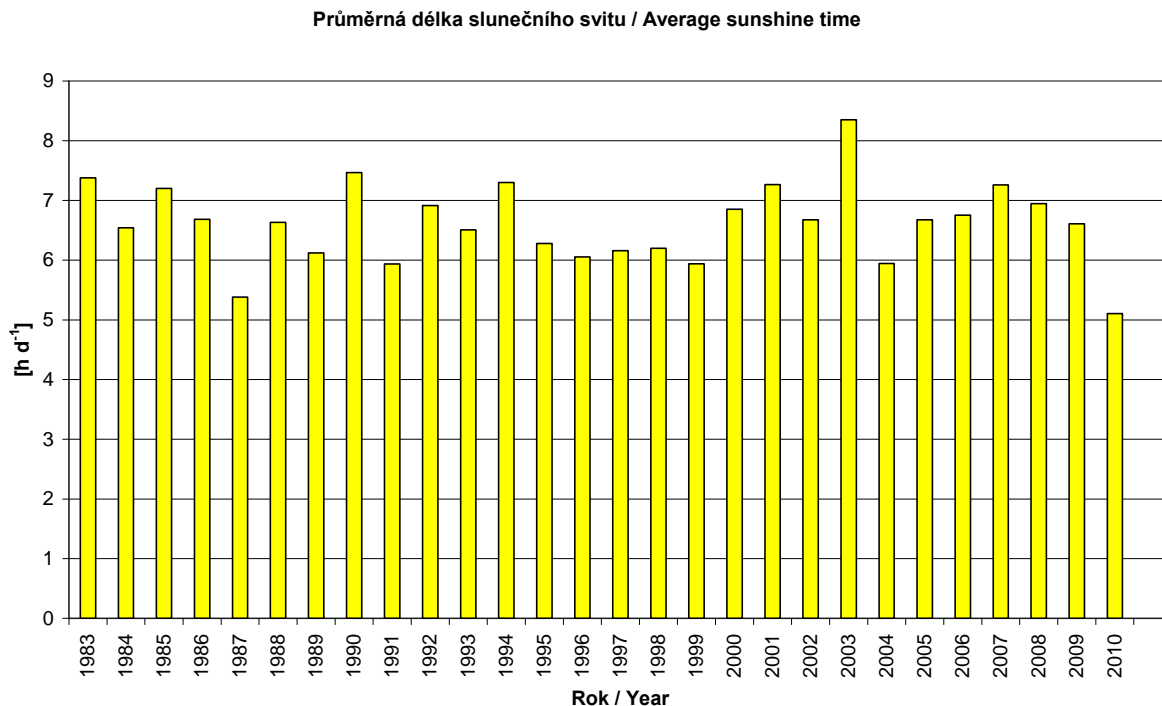
Obr. 14. Klouzavý měsíční průměr denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



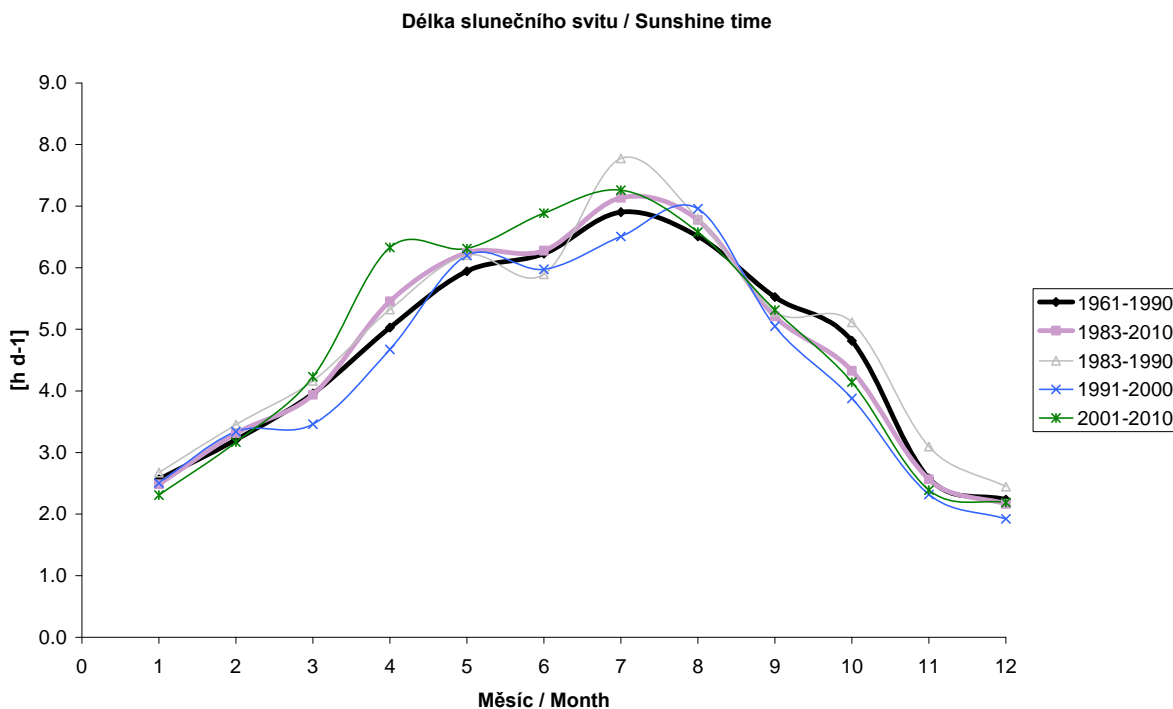
Obr. 15. Klouzavý čtvrtletní průměr denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



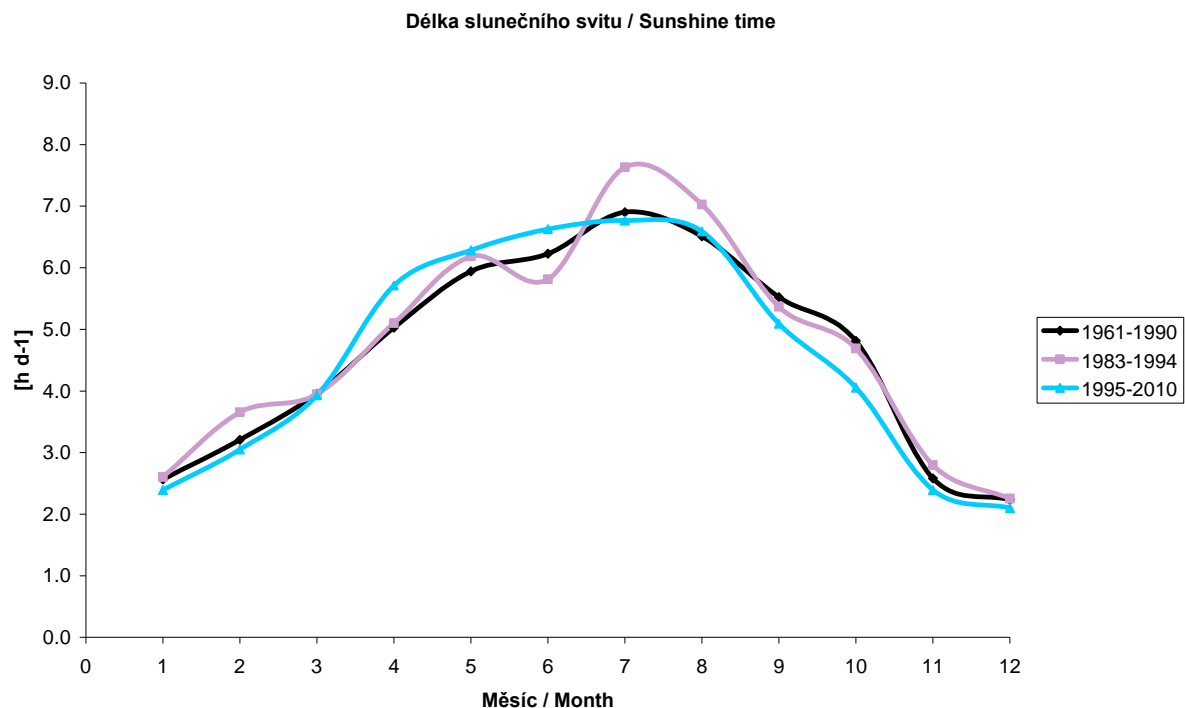
Obr. 16. Klouzavý roční průměr denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



Obr. 17. Průměr denní délky slunečního svitu ve vegetačním období (měsíce duben až srpen) na stanici Churáňov v letech 1983-2010.



Obr. 18. Roční chod měsíčních průměrů denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v posledních dekádách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.



Obr. 19. Roční chod měsíčních průměrů denní délky slunečního svitu na stanici Churáňov v rozlišených klimatických periodách ve srovnání s třicetiletým normálem 1961-1990.

Tabulka 4. Srovnání průměrné denní doby slunečního svitu v jednotlivých měsících na stanici Churáňov v rozdílných klimatických periodách (klimatický normál N, A a B) a statistická významnost rozdílů hodnocená t-testem a F-testem pro rozdíl rozptylů. p - pravděpodobnost chyby, s_x - směrodatná odchylka.

Perioda		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok
N (1961-1990)		2.56	3.20	3.95	5.03	5.94	6.23	6.90	6.51	5.52	4.81	2.58	2.23	4.63
A (1983-1994)		2.60	3.65	3.95	5.10	6.19	5.81	7.63	7.03	5.37	4.69	2.80	2.25	4.76
B (1995-2010)		2.39	3.05	3.93	5.71	6.28	6.63	6.77	6.59	5.09	4.05	2.39	2.10	4.58
A-B	t	0.61	1.53	0.04	-1.08	-0.18	-1.68	1.73	0.92	0.44	1.32	1.20	0.47	1.13
	p	0.544	0.139	0.968	0.289	0.855	0.106	0.095	0.366	0.664	0.199	0.241	0.644	0.269
A	s_x	1.06	0.88	1.03	0.91	1.50	0.93	1.17	0.80	1.11	1.19	1.19	0.87	0.33
B	s_x	0.75	1.13	0.98	1.79	1.33	1.47	1.40	1.48	1.93	1.31	0.57	0.84	0.45
	F	1.99	1.65	1.11	3.83	1.27	2.52	1.42	3.43	3.01	1.21	4.33	1.07	1.84
	p	0.213	0.406	0.838	0.030	0.650	0.127	0.562	0.045	0.071	0.766	0.010	0.878	0.312
A-N	t	0.14	1.78	-0.02	0.27	0.57	-1.56	2.16	2.24	-0.47	-0.35	0.64	0.09	1.33
	p	0.891	0.102	0.987	0.790	0.581	0.148	0.053	0.047	0.644	0.731	0.538	0.931	0.212
B-N	t	-0.89	-0.52	-0.08	1.53	1.04	1.08	-0.38	0.22	-0.88	-2.31	-1.32	-0.62	-0.42
	p	0.387	0.609	0.935	0.147	0.316	0.298	0.709	0.829	0.391	0.035	0.206	0.545	0.679

Diskuse

Zdá se, že nastavení počátku analyzovaného období na rok 1983 je vhodné, protože koinciduje s určitou periodou s podobnou srážkovou činností (například HOSTÝNEK ET AL. 2008: Obr. 6). Obecně se jedná o období, kdy byly zaznamenávány nižší srážkové úhrny v celé České republice, čehož odrazem byla nižší frekvence povodní jak letního typu (přibližně od začátku 20. století), tak zimního typu (asi od poloviny 50. let 20. století). Proto mluvíme-li o zvýšené srážkové aktivitě v rámci periody začínající rokem 1995 (s výrazně zvýšenými srážkovými úhrny v letech 1995, 2002, 2005 a 2009), musíme mít na paměti, že se jedná pouze o relativní srovnání s bezprostředně předcházející periodou, která byla naopak velmi suchá, což dokládá i srovnání s obdobím klimatického normálu (1961-1990). Vůbec tedy nelze hovořit o dlouhodobých trendech, protože ty se odehrávají v řádu minimálně století.

Za zmínku stojí shrnutí některých extrémních let a jevů, které byly zaznamenány ve sledovaném období, jmenovitě v periodě od roku 1995. Mimo jmenovaných zvýšených srážkových úhrnů to byl například extrémně suchý a teplý rok 2003, který nebyl jen lokální záležitostí, ale byl zaznamenán v celé střední Evropě (REBETEZ ET AL. 2006). Klouzavý roční průměr teplot však jako nejteplejší období na stanici Churáňov odhalil periodu 2006/2007.

V prvních měsících let 2007 a 2008 jsme byli svědky bouří s přechody studených front, které byly doprovázeny silným větrem (HOSTÝNEK ET AL. 2008). V horských oblastech České republiky se přitom jednalo o vítr se silou, jakou lze očekávat jednou za 20 až 50 let. Z hlediska existence lesních porostů se tedy jednalo o zcela přirozené jevy, které jsou běžné a v průběhu života jediného stromu se mohou opakovat několikrát.

Rok 2009 se vykazoval řadou extrémních meteorologických situací a to zvláště ve vztahu k rozkolísanosti jednotlivých charakteristik, jak teplotních, tak srážkových (TOLASZ 2010). Na Churáňově byl po letech 2002 a 2005 třetím nejvlhčím rokem ve sledovaném období.

Trendy klimatologických charakteristik v České republice v rámci období 1961 až 1998 (tedy v období prakticky končícím první v tomto textu analyzovanou periodou) byly vyhodnoceny v práci HUTH ET POKORNÁ (2004), kde byla zahrnuta rovněž data ze stanice Churáňov. Trendy u většiny charakteristik byly shodné na Churáňově i na sousedních stanicích, případně na většině ostatních stanic, z čehož vybočoval trend denní amplitudy teplot v zimě až v létě. Amplituda se na Churáňově mírně snižovala oproti zvyšování na většině ostatních stanic. Dále byl na Churáňově zaznamenáván vyšší přírůstek úhrnů srážek v zimě a výraznější úbytek srážkových úhrnů v létě.

Přes výskyt vyšších srážkových úhrnů v období od roku 1995, nemusí však ty výrazněji ovlivňovat dynamiku vody v krajině, protože se často jedná o epizodické přívalové srážky, jejichž infiltrace do půdy je slabá. Tento fakt společně se vzrůstem průměrných teplot vzduchu může být příčinou některých pozorovaných změn v travních společenstvech Šumavy a Předšumaví v období od 80. let 20. století dlouhodobosti, kde bylo indikováno snížení dostupnosti vody zvláště ve vlhkomilných až mokřadních typech společenstev (MATĚJKA 2011b: p. 34).

Z hlediska ekologie lesa je pozoruhodné, že gradaci populace lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) v obou případech předcházela období s výrazným suchem ve vegetační periodě. V devadesátých letech 20. století se jednalo o gradaci vrcholící v letech 1996 a 1997 po období suchých let 1991 až 1994, gradaci 2006 až 2010 předcházela extrémní rok 2003.

Závěr

Klimatické podmínky na stanici Churáňov vykazují jasné změny v posledních letech. K nejvýraznější změně došlo na přelomu let 1994 a 1995. Tato změna byla identifikována na základě analýzy rozdělení srážek a výskytu suchých / vlhkých období v průběhu roku. Změny se však týkají i nárůstu průměrných teplot a změny distribuce délky slunečního svitu během roku. Pro druhé období je typická zvýšená meziroční variabilita klimatu, což podtrhuje fakt, že do tohoto období náležely jak výrazně suchý a teplý rok 2003, tak vlhčí roky (zvláště 2002, 2005 a 2010).

V období 1983 až 2010 byl zaznamenán průměrný vzrůst roční teploty o 0.045 °C za jeden rok, vzrůst průměrné teploty v měsících duben až srpen o 0.055 °C za jeden rok. V měsících září až prosinec se průměrné teploty měnily jen minimálně.

Průměrné denní úhrny srážek se v průběhu hodnocených let zvyšovaly o 0.020 mm den⁻¹ za rok (tedy roční úhrn o 4,3 mm za rok). Výraznější vzestup byl zaznamenán v měsících duben až srpen, kdy činil průměrně 0.046 mm den⁻¹ za rok. Velmi výrazný je vzestup úhrnů epizodických srážek, které však mají jen menší význam pro vzrůst dlouhodobé průměrné vlhkosti půdy, protože velký podíl těchto srážek z území odtéče v podobě povrchového odtoku.

Z hlediska roční distribuce srážek je významné snížení jejich úhrnů v dubnu. Snížení úhrnů v červnu není tak výrazné, může však významně ovlivnit vývoj vegetace, protože se jedná o období nejintenzivnějšího růstu. Do roku 1994 byl zaznamenán hluboký pokles srážkových úhrnů pro měsíce duben až srpen oproti období klimatického normálu (1961-1990), od roku 1995 bylo snížení průměrných úhrnů zaznamenáno pouze v měsících duben a červen, naopak v druhé polovině léta (respektive od července až do října) došlo ke vzrůstu průměrných úhrnů srážek.

Délka doby slunečního svitu nevykazuje jednoznačný trend, výrazně snížená délka doby slunečního svitu byla mezi lety 1991 až 2002. Rovněž došlo k určitým změnám v roční distribuci průměrné délky doby slunečního svitu.

Poukázáno bylo na význam klimatických extrémů v jednotlivých letech, zvláště těch, které souvisejí s vysokými letními (jarně-letními) teplotami kombinovanými s nízkými úhrny srážek. Periodicky se opakují rovněž epizodické vzrůsty zimních teplot, které mohou působit desikaci smrku v důsledku zvýšeného odparu z asimilačního aparátu při kladných teplotách vzduchu kombinovaných s nemožností příjmu vody ze zamrzlé půdy.

Literatura

- BRÁZDIL R., BUDÍKOVÁ M., DOBROVOLNÝ P., FIŠÁK J., KOLÁŘ M., PROŠEK P., SOKOL Z., ŠTEKL J., ŠTĚPÁNEK P., ŠTĚPÁNKOVÁ P., ZACHAROV P. (1999): Klimatické poměry Milešovky. - Academia, Praha, 433 p.
- BRÁZDIL R., DOBROVOLNÝ P., LUTERBACHER J., MOBERG A., PFISTER C., WHEELER D., ZORITA E. (2010): European climate of the past 500 years: new challenges for historical climatology. - *Climatic Change*, 101: 7–40.
- ČHMÚ (1983-2010): Měsíční přehled počasí. - ČHMÚ, Praha, Vols. 1983-2010.
- DOBROVOLNÝ P., MOBERG A., BRÁZDIL R., PFISTER C., GLASER R., WILSON R., VAN ENGELEN A., LIMANÓWKA D., KISS A., HALÍČKOVÁ M., MACKOVÁ J., RIEMANN D., LUTERBACHER J., BÖHM R. (2010): Monthly, seasonal and annual temperature reconstructions for Central Europe derived from documentary evidence and instrumental records since AD 1500. - *Climatic Change*, 101: 69–107.
- GLASER R., RIEMANN D., SCHÖNBEIN J., BARRIENDOS M., BRÁZDIL R., BERTOLIN C., CAMUFFO D., DEUTSCH M., DOBROVOLNÝ P., VAN ENGELEN A., ENZI S., HALÍČKOVÁ M., KOENIG S.J., KOTYZA O., LIMANÓWKA D., MACKOVÁ J., SGHEDONI M., MARTIN B., HIMMELSBACH I. (2010): The variability of European floods since AD 1500. - *Climatic Change*, 101: 235–256.
- HAIŠ M. (2007): Vývoj a spektrální projevy odlesnění centrální Šumavy hodnocené prostřednictvím DPZ a GIS. - Ms. [Disert. thesis, depon in PpF UK, Praha], 140 p.
- HOSTÝNEK J., NOVÁK M., ŽÁK M. (2008): Kyrill a Emma v Česku - meteorologické příčiny, průběh bouří a hodnocením větrných extrémů. - *Meteorologické zprávy*, 61: 65-71.
- HUTH R., POKORNÁ L. (2004): Trendy jedenácti klimatických prvků v období 1961-1998 v České republice [Trends in eleven climatic elements in the Czech Republic in the period 1961-1998]. - *Meteorologické zprávy*, 57: 168-178
- KETTLE H., KOPÁČEK J., HEJZLAR J. (2003): Modelling ait temperature at Čertovo Lake back to 1781. - *Silva Gabreta*, 9: 15-32.
- KVĚTOŇ V. (2001): Normály teplot vzduchu na území České republiky v období 1961-1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961-2000. - Národní klimatický program Česká republika, Vol. 30, ČHMÚ, Praha, 197 p.
- MATĚJKA K. (2011a): Vývoj počasí na Šumavě (aktualizováno do konce roku 2010). - URL: <http://www.infodatasys.cz/sumava/klima.htm>
- MATĚJKA K. (2011b): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2010. - URL: <http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2010.pdf>
- REBETEZ M., MAYER H., DUPONT O., SCHINDLER D., GARTNER K., KROPP J. P., MENZEL A. (2006): Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis. *Annals of Forest Science* 63: 569-577.
- STANĚK J., BEDNAŘÍK J. (1998): Meteorologická stanice Churáňov [Meteorological station Churáňov]. - *Silva Gabreta*, 2: 377-384.
- TOLASZ R. (2010): Rozmary počasí v Česku v průběhu roku 2009. - *Meteorologické zprávy*, 63: 1-4.

Doporučený způsob citace:

Matějka K. (2011): Rozbor průběhu počasí na Churáňově (Šumava) v období 1983-2010 a jeho možná interpretace z hlediska dynamiky ekosystémů. – IDS, Praha, 18p.
URL: <http://www.infodatasys.cz/climate/globalgradients.pdf>

Opraveno 12. 7. 2013