

**Univerzita Karlova v Praze  
Matematicko-fyzikální fakulta**



## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Zuzana Chládová**

### **POZOROVANÉ ZMĚNY VYBRANÝCH KLIMATICKÝCH CHARAKTERISTIK**

**Katedra meteorologie a ochrany prostředí**

**Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.**

**Studijní program: fyzika**

**Studijní směr: meteorologie a klimatologie**

**Praha 2004**

## **Poděkování**

Tato diplomová práce vznikla jako součást projektu 205/03Z024 Grantové agentury Akademie věd ČR: „Analýza neurčitosti stanovení četnosti výskytu a intenzity extrémních jevů v atmosféře v důsledku klimatické změny“.

Děkuji paní doc. RNDr. Jaroslavě Kalvové, CSc., která mou práci vedla, za cenné rady a zapůjčení studijních materiálů. Touto cestou bych chtěla také poděkovat svým přátelům a rodičům za technickou a psychickou podporu.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 24. dubna 2004

Zuzana Chládová

# Obsah

<b>Abstrakt</b>	<b>1</b>
<b>Seznam nejčastěji použitých symbolů</b>	<b>2</b>
<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>1 Změny a kolísání klimatu v globálním měřítku</b>	<b>5</b>
1.1 Globální růst teploty .....	5
1.2 Změny v kryosféře .....	6
1.3 Změny srážek a atmosférické vlhkosti .....	7
1.4 Změny atmosférické a oceánské cirkulace .....	9
1.5 Variabilita klimatu a změny klimatických extrémů .....	11
1.6 Shrnutí základních poznatků .....	13
<b>2 Základní poznatky o kolísání a změnách klimatu v Evropě</b>	<b>14</b>
2.1 Změny teploty vzduchu a atmosférických srážek v Evropě .....	14
2.2 Změny cirkulace nad Evropou .....	14
2.3 Variabilita klimatu a klimatické extrémy v Evropě .....	15
2.4 Shrnutí základních poznatků .....	16
<b>3 Klima České republiky a jeho změny</b>	<b>17</b>
3.1 Teplota vzduchu v ČR v období 1961-2000 .....	17
3.2 Srážkové poměry ČR v období 1961-2000 .....	20
3.3 Změny atmosférické cirkulace .....	24
3.4 Shrnutí základních poznatků .....	24
<b>4 Datové soubory a metody zpracování</b>	<b>25</b>
4.1 Teploty vzduchu a atmosférické srážky měřené na stanicích ČR .....	25
4.2 Regionální klimatické modely .....	26
4.3 Metody výpočtu .....	27
<b>5 Změny teploty na vybraných stanicích ČR</b>	<b>37</b>
5.1 Průměrná denní amplituda vzduchu .....	37
5.2 Maximální sezónní amplituda teploty vzduchu .....	38
5.3 Délka vegetačního a letního období .....	40
5.4 Počet dní v horkých / teplých vlnách .....	43
5.5 Počet dní ve studených / chladných vlnách .....	45
5.6 Délka mrazové sezóny .....	47
5.7 Kvantily denní maximální teploty vzduchu .....	48
5.7.1 10% kvantil denní maximální teploty vzduchu .....	48
5.7.2 90% kvantil denní maximální teploty vzduchu .....	50
5.8 Kvantily denní minimální teploty vzduchu .....	53
5.8.1 10% kvantil denní minimální teploty vzduchu .....	53
5.8.2 90% kvantil denní minimální teploty vzduchu .....	54
5.9 Závislost kvantilů denní maximální teploty vzduchu na nadmořské výšce .....	57
5.10 Závislost kvantilů denní minimální teploty vzduchu na nadmořské výšce .....	60

5.11	Procento dní v dané sezóně s denní maximální teplotou menší resp. větší než 10% kvantil, resp. 90% kvantil .....	62
5.12	Procento dní v dané sezóně s minimální teplotou menší resp. větší než 10% kvantil resp. 90% kvantil .....	64
<b>6</b>	<b>Změny atmosférických srážek na vybraných stanicích ČR</b>	<b>67</b>
6.1	Průměrná délka srážkového období.....	67
6.2	Průměrná délka období beze srážek .....	68
6.3	Nejdelší srážkové období.....	70
6.4	Nejdelší období beze srážek .....	71
6.5	Závislost 90% a 95% kvantilu srážek na nadmořské výšce .....	72
6.6	Závislost podílu srážkových úhrnů vyšších než 90% a 95% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období na nadmořské výšce .....	74
<b>7</b>	<b>Porovnání vybraných charakteristik na stanicích ČR s výstupy modelu RegCM3</b>	<b>77</b>
7.1	Teplotní charakteristiky .....	77
7.2	Srážkové charakteristiky.....	85
	<b>Závěr</b>	<b>103</b>
	<b>Literatura a internetové odkazy</b>	<b>106</b>
	<b>Přílohy</b>	

# Abstrakt

**Název práce:** Pozorované změny vybraných klimatických charakteristik

Autor: Zuzana Chládová

Katedra (ústav): Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

e-mail vedoucího: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

**Abstrakt:** Globální změny klimatu jsou v současné době často spojovány se zvyšujícím se obsahem radiačně aktivních plynů v atmosféře. Analýza 22 teplotních a srážkových charakteristik v období 1961 – 2000 ukázala, že v České republice došlo ke změnám některých klimatických charakteristik (zvyšovala se průměrná denní amplitudy teploty, počet dní v horkých vlnách, mrazové období se zkracovalo). Některé charakteristiky oproti tomu zůstaly téměř beze změn (maximální sezónní amplituda teploty, délka srážkových a bezesrážkových období). Chování charakteristik na podzim bylo zpravidla odlišné od ostatních sezón. Z porovnání výstupů regionálního klimatického modelu RegCM3 s údaji měřeními na stanicích České republiky vyplynulo, že model RegCM3 časový vývoj teplotních charakteristik zachytil, ale měl tendenci danou charakteristiku podhodnocovat. U srážkových charakteristik byla shoda modelu se skutečností horší než u teplotních charakteristik. Modelové průměrné hodnoty některých charakteristik se nejen výrazně lišily od skutečných, ale modelu se zpravidla nepodařilo zachytit ani jejich časový vývoj. Klíčová slova: změna klimatu, variabilita klimatu, teplotní a srážkové extrémy, regionální klimatické modely

**Title:** The Observed Changes of Selected Climate Characteristics

Author: Zuzana Chládová

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Supervisor's e-mail address: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

**Abstract:** Global climate changes are often connected with increasing amount of greenhouse gasses in the atmosphere. Analyses of 22 temperature and precipitation characteristics from the period 1961-2000 showed, that some climate characteristics of the Czech Republic have been changing (mean diurnal temperature range and the number of days in heat waves have increased, length of frost season has decreased). Some characteristics have remained unchanged (maximum seasonal temperature range, length of wet and dry season). Trends of values in autumn proved to be different from other seasons. Comparison of outputs of regional climate model RegCM3 with data from stations in the Czech Republic showed, that model described temporal changes of characteristics, sufficiently, but the mean model values were lower. The coincidence of RegCM3 precipitation characteristics with real data was worse, than the correspondence of temperature characteristics. The mean values of some precipitation characteristics were very different from real ones and they also didn't describe temporal development of characteristics.

Keywords: climate change, climate variability, temperature and precipitation extremes, regional climate models

## Seznam nejčastěji používaných symbolů

TPRUM	průměrná denní teplota
TMAX	denní maximální teplota
TMIN	denní minimální teplota
10pTMAX	10% kvantil maximální teploty
90pTMAX	90% kvantil maximální teploty
10pTMIN	10% kvantil minimální teploty
90pTMIN	90% kvantil minimální teploty
R <sub>0.90</sub>	90% kvantil srážkového úhrnu
R <sub>0.95</sub>	95% kvantil srážkového úhrnu
DTR	průměrná denní amplituda teploty
EDTR	maximální sezónní amplituda teploty
GSL	délka vegetačního období
HWDI	počet dní v horkých (teplých) vlnách
CWDI	počet dní ve studených (chladných) vlnách
DMS	délka mrazového období
PS1	průměrná délka srážkového období
PS2	průměrná délka období beze srážek
NS1	nejdelší srážkové období
NS2	nejdelší období beze srážek
I. desetiletí	1961-1970
II. desetiletí	1971-1980
III. desetiletí	1981-1990
IV. desetiletí	1991-2000
DJF	zima (prosinec, leden, únor) <sup>1</sup>
MAM	jaro (březen, duben, květen) <sup>1</sup>
JJA	léto (červen, červenec, srpen) <sup>1</sup>
SON	podzim (září, říjen, listopad) <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Uvedené sezóny jsou podle Meteorologického slovníku (1993) označovány jako tzv. doby roční klimatické, u nichž se za hranice neberou astronomická data, ale vždy začátek a konec měsíce. Tedy zima začíná 1.12. předchozího roku a končí 28.2. případně 29.2. daného roku, jaro 1.3.-31.5., léto 1.6.-31.8. podzim 1.9.-30.11. Roční průměr se počítá od 1.1. do 31.12. daného roku.

# Úvod

Zvýšení průměrné globální teploty vzduchu o 0,6 °C od konce 19. století a s ním spojené změny dalších klimatických ukazatelů (rostoucí teplota povrchových vrstev oceánů, úbytek horských ledovců a mořského ledu, především v Arktidě, rostoucí množství vodní páry v atmosféře ad.) je v současné době velmi diskutovaným problémem a často se dává do souvislosti se zvyšováním koncentrací skleníkových plynů – především oxidu uhličitého a vodní páry – v atmosféře.

V souvislosti se změnami klimatu se hovoří o častějším výskytu teplotních a srážkových extrémů, které ovlivňují řadu odvětví činnosti člověka. Mnoho současných studií se zabývá touto problematikou, ať už z pohledu celosvětového nebo regionálního. Sleduje se především výskyt vysokých denních srážkových úhrnů a délka jejich trvání. Už i jednodenní výrazné srážky mohou způsobit rozsáhlé povodně a značné materiální ztráty. Prodlužování období beze srážek, především v sušších oblastech, může vést k tomu, že stále větší území světa bude ohrožováno dlouhodobými suchy a s nimi často spojenými požáry (Austrálie, USA, Řecko, Chorvatsko). Horké vlny, ovlivňující do značné míry zemědělství a vodohospodářství, mají také přímý dopad na zdravotní stav obyvatelstva a jejich zvýšená četnost a rostoucí délka především během několika posledních let ovlivňuje i úmrtnost (Changoon a kol., 1996).

Změny klimatických charakteristik, které pozorujeme v různých oblastech světa nejsou stejné. Typickým příkladem je průměrná denní amplituda teploty, která se v mnoha částech světa zmenšuje, ale v některých oblastech Evropy (Itálie, Česká republika) se naopak zvětšuje. Podobně počet dní v horké vlně a jejich délka v některých regionech výrazně roste, zatímco v jiných oblastech nebyl její růst prokázán. Podobně je tomu u délky období se srážkami, stupněm pokrytí oblohy oblačností.

Abychom mohli efektivněji předpovídat vývoj klimatu v budoucnosti, je nutno dále rozvíjet klimatické modely. Základem pro vytváření scénářů změny klimatu jsou globální klimatické modely (GCM, Global Climate Models). K jejich dalšímu zdokonalování přispívá i porovnání jejich výstupů se skutečností a analýza nalezených chyb. Globální klimatické modely jsou určeny především k modelování klimatických jevů velkých měřítek. Jejich úspěšnost a schopnost popsat fyzikální procesy v malých měřítkách, ve kterých se extrémní teplotní a srážkové jevy zpravidla vyskytují, není postačující. Proto jsou v posledním desetiletí vyvíjeny regionální klimatické modely (RCM, Regional Climate Models), které mají větší prostorové rozlišení než GSM a mohou tak lépe zachytit výskyt těchto extrémních jevů.

Cílem předkládané diplomové práce je shrnout poznatky o pozorovaných změnách klimatu v posledním století a tyto doplnit o vlastní analýzy vybraných klimatických charakteristik.

V prvních třech kapitolách diplomové práce jsou shrnuty dosavadní poznatky o kolísání a změně klimatu v posledním století. Kapitola 1 sleduje tyto změny v globálním měřítku a je doplněna závěry mnoha regionálních studií z různých částí světa. Kapitola 2 je blíže zaměřena na Evropu a v kapitole 3 jsou pak uvedeny závěry některých studií provedených v České republice.

Kapitola 4 se zabývá popisem dat použitých k analýze klimatických charakteristik a metodikou výpočtu. Jednalo se o data získaná z měření na 29 meteorologických stanicích v České republice a data z výstupu regionálního klimatického modelu RegCM3 za období 1961-2000.

V následujících dvou kapitolách jsou prezentovány výsledky změn teplotních a srážkových charakteristik vypočítaných z měření na meteorologických stanicích (kapitoly 5 a 6).

Některé charakteristiky uvedené v kapitolách 5 a 6 jsou v další části práce (kapitola 7) porovnány s výstupy regionálního klimatického modelu RegCM3.

V závěrečné části jsou uvedeny závěry výsledků všech výpočtů a náměty pro případné další studium v této oblasti.



# Kapitola 1

## Změny a kolísání klimatu v globálním měřítku

### 1.1 Globální růst teploty

#### Pozorované změny teploty vzduchu u zemského povrchu

Rok 2003 byl již 25. rokem v sérii za sebou následujících roků s ročním globálním průměrem teploty vzduchu při zemském povrchu vyšším než průměr za období 1961-1990 (WMO, 2003). Roční průměr globální teploty vzduchu<sup>1</sup> při zemském povrchu se podle IPCC (2001) od konce 19. století zvýšil o  $0,6 \pm 0,2$  °C. Rok 1998 byl nejteplejším rokem od roku 1861, za ním následoval rok 2002 a 2003 (WMO, 2003). Nejvýraznější růst globální teploty od konce 19. století připadá na dvě období, od roku 1910 do 1945 a od roku 1976 (IPCC, 2001). Nejvýrazněji se oteplování v letech 1976-2000 projevilo v mírných a vysokých zeměpisných šířkách kontinentálních oblastí severní polokoule. Od roku 1976 dochází k růstu globální teploty o  $0,17$  °C za desetiletí, v letech 1910-1945 pak o  $0,14$  °C za desetiletí. Celkové zvýšení teploty bylo však v letech 1910-1945 větší (IPCC, 2001).

Teplotní trendy ve 20. století ukazují také na plošně rozsáhlé oteplování tropických oblastí. Celkové zvýšení teploty vzduchu v tropických oblastech není tak výrazné jako v mírných a vysokých zeměpisných šířkách, ale má jednotnější charakter, zatímco trendy v mírných a vysokých zeměpisných šířkách jsou oblastně více variabilní (IPCC, 2001).

Oteplování v letech 1910-1945 bylo soustředěno především do oblasti severního Atlantiku a přilehlých regionů. V období 1946-1975 se projevilo významné ochlazování nad severním Atlantikem a dalšími oblastmi severní polokoule. V téže době naopak dochází na mnoha místech jižní polokoule k oteplování. Období 1976-2000 je jednotnější, zvyšování průměrné globální teploty vzduchu se projevilo na severní i jižní polokouli (viz tab. 1.1). Nejvýraznější byl tento růst teploty v kontinentálních částech severní polokoule v průběhu zimy a jara.

	1861-2000	1901-2000	1910-1945	1946-1975	1976-2000
Severní polokoule	0,06 (0,02)	0,07 (0,03)	0,14 (0,05)	-0,04 (0,06)	0,31 (0,11)
Jižní polokoule	0,03 (0,01)	0,05 (0,01)	0,08 (0,04)	0,02 (0,05)	0,13 (0,08)
Celosvětově	0,05 (0,02)	0,06 (0,02)	0,11 (0,03)	-0,01 (0,05)	0,22 (0,08)

Tab. 1.1: Lineární trendy průměrné roční odchylky teploty vzduchu při zemském povrchu [ $^{\circ}\text{C}/\text{desetiletí}$ ], v závorce jsou uvedeny směrodatné odchylky směrnice lineárních trendů (IPCC, 2001; Jones a kol., 2001).

#### Změny teploty v troposféře a stratosféře

Pomocí analýz globálních teplotních trendů, prováděných od roku 1958 na základě dat z meteorologických balónů a od roku 1979 také na základě družicových měření, bylo zjištěno, že zatímco zemský povrch a troposféra se oteplují, stratosféra se ochlazuje. Ukazuje se, že spodní troposféra se otepluje pomaleji než zemský povrch. Globální průměrná teplota v nejspodnějších 8 km atmosféry se podle IPCC (2001) měnila v období 1979-2000 o  $+0,05 \pm 0,10$  °C za desetiletí, zatímco globální průměrná teplota při zemském povrchu rostla o  $+0,15 \pm 0,05$  °C za desetiletí. Tento rozdíl je statisticky významný a nejvýrazněji se

<sup>1</sup> Vážený průměr vypočítaný z měření teplot vzduchu na pevninách a měření teplot povrchu oceánu. Váhy vyjadřují plošnou reprezentativnost měřených hodnot.

projevuje nad tropickými a subtropickými oblastmi. Příčinou může být rozdílná reakce spodní troposféry a zemského povrchu na jevy jako je El Niño (podobně viz 1.4), narušování ozonoféry a přibývání atmosférických aerosolů.

Teplotní trendy ve spodní stratosféře jsou podle IPCC (2001) jednodušší než v troposféře. V období 1958 - 2000 jsou téměř všechny trendy v různých výškách nad zemským povrchem záporné. Jedná se o trend  $-0,15$  °C za desetiletí ve výšce do 15 kilometrů,  $-0,8$  °C za desetiletí pro výšku od 20 do 35 kilometrů a  $-2,5$  °C za desetiletí ve výšce 50 kilometrů (Chanin, Ramaswamy, 1999). Trendy poměrně dobře odpovídají modelům uvažujícím úbytek ozónu ve stratosféře a zvýšení koncentrací radiačně aktivních plynů, především vodní páry a oxidu uhličitého (IPCC, 2001).

### **Denní maximální a minimální teplota vzduchu**

Růst průměrné globální teploty vzduchu během několika posledních desetiletí se projevuje výraznějším vzestupem denního minima než denního maxima teploty v mnoha regionech, především kontinentálních. Důsledkem je pokles denní amplitudy teploty v mnoha částech světa (Easterling a kol., 1997). Globální trend maximální teploty vzduchu v období 1950-1993 je přibližně  $+0,1$  °C za desetiletí, minimální teploty  $+0,2$  °C za desetiletí. Trend průměrné denní amplitudy teploty vzduchu potom vychází  $-0,1$  °C za desetiletí. Některé regionální studie (např. Brunetti a kol., 2003) naopak poukazují na růst denní amplitudy teploty v souvislosti s výraznějším růstem denní maximální teploty. Obdobné trendy lze sledovat i v České republice (viz 3.1), ve střední Kanadě, některých částech jižní Afriky, jihozápadní Asie, Evropy a západního Pacifiku (IPCC, 2001).

### **Teplota povrchu oceánů**

Od poloviny 50. let 20. století se zvyšuje teplota svrchních vrstev oceánu, především horních 300 m. Poměrně silné ohřívání povrchu oceánu bylo pozorováno především v mimotropických částech severního Atlantiku od poloviny 80. let 20. století (Folland a kol., 1986, 1999a). Nejteplejším rokem byl v tomto ohledu rok 1998. Ukazuje se, že teplota vzduchu nad pevninou rostla rychleji než nad oceánem, růst povrchové teploty oceánu byl v období 1850-1993 přibližně poloviční. Nad některými oblastmi oceánů jižní polokoule nebyl růst teploty vůbec zaznamenán.

## **1.2 Změny v kryosféře**

### **Sněhová pokrývka**

Družicová měření ukazují, že průměrná rozloha sněhové pokrývky na severní polokouli klesla od roku 1966 o 10 %. Pokles se od poloviny 80. let projevuje především na jaře a v létě v Evropě a v severní Americe. Zimní a podzimní hodnoty zůstávají téměř beze změny (Robinson, 1997;1999). Mezi růstem teploty zemského povrchu na jaře a úbytkem jarní sněhové pokrývky na severní polokouli existuje podle IPCC (2001) od roku 1966 významná meziroční korelace ( $+0,6$ ). Delší regionální časové řady zároveň ukazují, že rozloha sněhové pokrývky na jaře a v létě je v posledním desetiletí na severní polokouli nejnižší za posledních 100 let (Brown, 2000).

### **Rozloha mořského ledu a jeho tloušťka**

Rozloha mořského ledu se považuje za jeden z nejdůležitějších indikátorů globálního oteplování. Na základě družicových měření byl zaznamenán v období 1978-1996 plošný úbytek mořského ledu na severní polokouli o  $2,8 \pm 0,3\%$  (Parkinson a kol., 1999). V Arktidě došlo v období 1979-1998 k prodloužení tzv. arktické letní sezóny, kdy dochází k tání sněhu (Parkinson, 2000). Nejkratší byla tato sezóna v roce 1979, 57 dní a nejdelší v roce 1998, 81 dní (Smith, 1998). Rotrock a kol. (1999) porovnávali tloušťku mořského ledu v Arktidě

v letech 1993, 1996 a 1997 s dřívějšími obdobími. Zjistili, že tloušťka mořského ledu byla v uvedených třech letech v létě a na podzim o 42 % menší ve srovnání s obdobím 1958-1976 (zmenšila se z 3,1 na 1,8 m). V období 1979-1996 dochází k slabé redukci tloušťky mořského ledu také v Antarktidě, o  $1,3 \pm 0,2$  % za desetiletí (Cavalieri a kol., 1997; Parkinson a kol., 1999).

### **Permafrost (trvale zmrzlá půda)**

Téměř 25 % pevniny na severní polokouli je pokryto permafrostem, trvale zmrzlou půdou. Jedná se o rozlehlé oblasti v Kanadě, Číně, Rusku a na Aljašce, společně s menšími oblastmi horských pásem v mnoha částech severní i jižní polokoule. Více než polovina světového permafrostu má teplotu jen několik málo stupňů pod nulou. Změny jeho teploty v blízkosti povrchu (od 20 do 200 m) jsou citlivými ukazateli změn energetické rovnováhy zemského povrchu na všech časových škálách. Rekonstrukce provedené na základě teplotních měření v hloubkách větších než 125 m na Aljašce ukazují, že teplota permafrostu se za poslední století zvýšila o 2 až 4 °C (Lachenbruch, Marshall, 1986).

### **Horské ledovce**

Záznamy o horských ledovcích jsou velmi významné při studiu variability klimatu v období holocénu (Haeberli a kol., 1998). Písemnosti, pocházející ze 16. století, popisují katastrofické povodně, způsobené protržením jezer ledovcového původu nebo zničení mnoha farem a půdy postupujícími ledovci v Norsku během 18. století (Ostrem a kol., 1977). Systematické mapování horských ledovců bylo započato teprve před 100 lety a je omezeno jen na několik ledovců. Chování horských ledovců vlivem změn klimatu je složitější u tropických ledovců než u ledovců v mírných a vysokých zeměpisných šířkách. Rychlejší úbytek ledovců v tropech odpovídá zvýšení tropické sněžné čáry až o 100 metrů v období 1970-1986 a také zvýšení teploty o 0,5 °C v oblastech tropických vysokohorských hřbetů, ke kterému došlo od poloviny 70. let 20. století (Diaz, Graham, 1996).

### **Souvislost ústupu ledovců, sněhové pokrývky a mořského ledu s teplotními trendy zemského povrchu**

Úbytek ledu na jezerech a řekách severní polokoule a zmenšení plochy sněhové pokrývky během 20. století je v první řadě způsoben dřívějším nástupem podmínek s vyššími teplotami na jaře. Ústup horských ledovců v posledních 100 letech je nejvýraznější v tropických oblastech, ačkoliv teplota atmosféry v úrovni horských hřebenů s ledovci se zvýšila od roku 1980 (podle dat z radiosond) jen nepatrně. Zmenšení rozlohy mořského ledu v průběhu arktického jara a léta je v souladu se zvýšením teploty ve vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule. Zvýšení letních teplot je ve srovnání s jarními menší, ale množství mořského ledu Arktidě, speciálně jeho tloušťka, výrazně kleslo i v létě. Plocha mořského ledu v Antarktidě se zmenšila od konce 70. let 20. století jen nevýrazně, to je pravděpodobně způsobeno malými změnami teploty v kontinentálních oblastech Antarktidy (IPCC, 2001).

## **1.3 Změny srážek a atmosférické vlhkosti**

Zvyšující se průměrná globální teplota zemského povrchu má s velkou pravděpodobností vliv na srážky a atmosférickou vlhkost. Postupně dochází ke změnám v atmosférické cirkulaci, větší aktivitě hydrologického cyklu a také ke zvětšování obsahu vodní páry v atmosféře. Atmosférická vodní pára je významným skleníkovým plynem a její zvyšující se množství přispívá k dalšímu oteplování (IPCC, 2001).

### **Změny atmosférických srážek**

V posledních 100 letech rostly roční úhrny atmosférických srážek nad pevninami ve středních a vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule o 0,5-1 % za desetiletí. Oproti tomu nad

většinou subtropických pevnin došlo během 20. století k poklesu srážkových úhrnů o 0,3 % za desetiletí (IPCC, 2001) (tento trend je méně výrazný, pokud vezmeme v úvahu poslední roky). Podle dalších měření uvedených v IPCC (2001) mají rozsáhlá území tropického oceánu v současnosti více srážek a srážky nad tropickými pevninami se zvýšily během 20. století o 2,4 %. Ve většině oblastí, kde jsou příslušná data dostupná, jsou změny ročních extrémních srážek zpravidla v souladu s chováním ročních úhrnů srážek. Tedy pokud se zvyšovaly roční úhrny srážek, zvyšovala se i četnost výskytu extrémně silných srážek.

### **Změny srážkových úhrnů nad pevninou**

Srážkové úhrny v globálním měřítku rostly od počátku 20. století nad pevninami o 2 % (Jones, Hulme, 1996). Nárůst je statisticky významný, ale není ani prostorově ani časově spojitý. V průběhu 20. století se roční úhrny srážek zvyšovaly v mírných a vysokých zeměpisných šířkách o 7 až 12 % nad pevninami rozkládajícími se mezi 30° a 85° severní šířky, a o 2 % nad pevninami mezi 0° a 55° jižní šířky (IPCC, 2001). Nárůst průměrných srážkových úhrnů na severní polokouli je podle IPCC (2001) nejvýraznější nad oblastmi mírných a vysokých zeměpisných šířek, především na podzim a v zimě. Například srážkové úhrny ve Spojených státech rostly od roku 1900 o 5 až 10 % za desetiletí, ale vyskytly se i několika roční výkyvy, především výrazně suché roky ve 30. letech a na počátku 50. let 20. století (Karl, Knight, 1998; Groisman a kol., 1999). Ke konci 20. století byl zaznamenán růst srážkových úhrnů také v severní Evropě a jejich pokles v jižní části Středozevního moře (Schönwiese, Rapp, 1997). Sušší podmínky v zimě nad jižní Evropou a Středozevním mořem (Piervitali a kol., 1998; Romero a kol., 1998) a vlhčí než normální podmínky nad mnoha částmi severní Evropy a Skandinávie (Hanssen-Bauer, Forland, 2000) mohou být dány silnou kladnou fází Severoatlantské oscilace (NAO), podrobněji viz 1.4, s mnoha anticyklonálními situacemi nad jižní Evropou a silnými západními větry nad střední a severní Evropou. Oproti růstu srážkových úhrnů v mírných a vysokých zeměpisných šířkách, dochází tedy k jejich poklesu v severních částech subtropů (IPCC, 2001).

### **Změny srážkových úhrnů nad oceánem**

Velká prostorová variabilita srážkových úhrnů vyžaduje použití odhady založené na družicových měřeních. Družice mapují změny srážek celosvětově, přičemž oceány zaujímají přes 70 % povrchu země. Data jsou k dispozici od počátku 70. let 20. století. To není dostatečně dlouhá doba na to, aby mohly být vytvořeny spolehlivé odhady změn srážkových úhrnů nad oceány. Většina věrohodných údajů pochází navíc až z období po roce 1987, přičemž podle IPCC (2001) nemají měření od tohoto roku do současnosti trend. Některé analýzy (Trenberth a kol., 2001) přesto zaznamenaly podstatný růst srážek nad tropickými oceány během posledních 20 let, které mají patrně souvislost s rostoucí intenzitou ENSO (více viz 1.4). Tyto závěry ale nelze zobecnit pro všechny oblasti tropických oceánů.

### **Změny obsahu vodní páry v atmosféře**

Znalosti o změnách obsahu vodní páry ve vyšší troposféře a spodní stratosféře mají velký význam. Již malé změny jejího množství totiž mohou působit značné změny v radiačních procesech (IPCC, 2001). Měření obsahu vodní páry v atmosféře vychází jednak z přístrojových měření na zemském povrchu, a také z balónových a družicových měření. Podle IPCC (2001) celkové množství vodní páry v atmosféře roste od roku 1970 nad většinou území severní polokoule. Změny na jižní polokouli nebyly zatím odhadnuty.

Studie zabývající se změnami vodní páry ve spodní troposféře (Ross, Elliott a kol., 2001) poukazují na rostoucí množství vodní páry během let 1973-1995 nad většinou území severní polokoule, především nad severní Amerikou. Nad Eurásií - v oblasti Číny a ostrovů v Pacifiku - je tento růst regionální. V ostatních částech Eurázie se znaménka trendů střídají. Družicová měření množství vodní páry v horní troposféře v letech 1980-1997 udávají statisticky významný roční trend +0,1 % v oblastech mezi 10° severní a 10° jižní šířky. Trendy

v ostatních oblastech nejsou statisticky významné. Měření obsahu vodní páry v stratosféře (ve výšce nad 18 kilometry) pomocí meteorologických balónů udávají v letech 1981-2000 nárůst množství vodní páry o 1 %. Tento růst je vždy omezen na určitou oblast a není monotónní (IPCC, 2001).

### **Změny oblačnosti**

Také oblačnost je důležitým vodítkem při studování změn klimatu Země, protože má vliv na propustnost atmosféry pro sluneční záření, tepelné záření zemského povrchu a na srážky. Od počátku 20. století došlo podle IPCC (2001) nad pevninou, v mnoha oblastech mírných a vysokých zeměpisných šířek, k 2% nárůstu oblačnosti<sup>2</sup>. To potvrzují také některé další studie. Například podle Dai a kol. (1997a, 1999) došlo k nárůstu oblačnosti v průběhu 20. století nad většinou území USA a Ruska. Kladné trendy se vyskytly, podle studie Tuomenvirta a kol. (2000), v letech 1910-1995 také v severní Evropě. Existují ovšem i oblastní výjimky. Brunetti a kol. (2003) uvádějí ve své studii záporný, statisticky významný trend oblačnosti v Itálii v letech 1951-1996 a analýzy diskutované ve studii Neff (1999) ukazují dramatický pokles oblačnosti o 15 až 20 % na jaře a v létě na jižním pólu za posledních 40 let. Nad oceány celkové množství oblačnosti roste, v období 1952-1981 byl zaznamenán 3 % přírůstek oblaků druhu cumulonimbus nad oceány (IPCC, 1996). Růst oblačnosti je kladně korelovan poklesem denní amplitudy teploty.

## **1.4 Změny atmosférické a oceánské cirkulace**

Změny atmosférické a oceánské cirkulace ovlivňují klimatické ukazatele v globálním i regionálním měřítku a jsou neodmyslitelnými součástmi klimatického systému. Typickými příklady jevů, které mohou ovlivňovat řadu klimatických prvků, jsou ENSO a NAO (IPCC, 1990, 1996).

### **ENSO**

ENSO je označení pro složitější systém, ve kterém se vzájemně ovlivňují procesy probíhající v oceánu a v atmosféře. První část zkratky EN je odvozena z počátečních písmen jevu El Niño, který zastupuje oceánskou složku systému, druhá část zkratky SO označuje Jižní oscilaci (South Oscillation) a představuje atmosférickou část procesů.

El Niño (španělsky „Ježíšek“ či „malý chlapec“) je epizoda, během níž dochází ke zvýšení teploty povrchu oceánu ve východní části Pacifiku a u pobřeží Peru a Ekvádoru po dobu několika měsíců až několika roků, a která je doprovázena dalšími anomáliemi počasí a atmosférické cirkulace. Původně jev El Niño označoval zvýšení teploty povrchu oceánu při pobřeží Peru a Ekvádoru, ke kterému dochází každoročně kolem Vánoc. Opačná anomální situace, kdy je teplota povrchu oceánů v západním Pacifiku naopak nižší než je obvyklé, je označována jako La Niña (španělsky „děvčátko“).

Jako jižní oscilaci (SO) označujeme změny atmosférického tlaku nad Indickým oceánem a Indonésií (centrum Darwin) a nad centrální částí tropického Pacifiku (centrum Tahiti). Intenzitu a fázi SO vyjadřujeme pomocí indexů, které jsou založeny na rozdílu atmosférického tlaku měřeného na dvou výše uvedených stanicích. Během kladné fáze SO je oproti normálnímu stavu oblast nízkého tlaku vzduchu nad Indonésií prohloubena a subtropická oblast vysokého tlaku vzduchu nad centrálními částmi Pacifiku zesílena. Během záporné fáze je situace opačná. Při kladné fázi SO zesilují jihovýchodní pasáty jižní polokoule, při záporné fázi pasátové proudění slábne nebo dokonce může změnit směr na západní.

---

<sup>2</sup> stupeň pokrytí oblohy oblaky

Výrazné situace El Niño jsou doprovázeny nejen dešti a záplavami na pobřeží Peru a Ecuadoru, ale projevují se i v dalších částech světa. Například Indonésii a Austrálii zasáhnou výrazná sucha spojená s rozsáhlými požáry, sucha panují i ve vnitrozemí Indie a jihovýchodní Africe. Zvyšuje se četnost tropických cyklon ve východním Tichém oceánu a mění se také jejich obvyklé dráhy. Do souvislosti s jevem El Niño se dávají i mnohé atypické projevy počasí na západě USA, ve východní a severovýchodní Brazílii i dalších, vzdálenějších oblastech světa. Také La Niña je pravděpodobně spojena s řadou anomálních projevů počasí, např. teplejšími zimami na východě USA nebo chladnějšími zimami v jižní Americe.

Mnoho současných studií (Wang, Wang, 1996; Torrence, Compo, 1998; Torrence, Webster, 1998) sleduje změny roční variability fází El Niño a La Niña za posledních 100 let. Rovněž možnostem předpovědi jednotlivých fází je v současné době věnována značná pozornost. Koncem dvacátého století se vyskytlo několik výrazných situací El Niño (v letech 1982-83, 1991-92 a 1994-95) i La Niña (1983-84, 1988-89, 1995-96). Poslední výrazná situace El Niño se objevila v letech 1997 - 1998, po ní následovala dlouhá, různě intenzivní, fáze La Niña trvající až do počátku roku 2002.

## NAO

Severoatlantická oscilace (**N**orth **A**tlanctic **O**scillation, NAO) je dominantním jevem, ovlivňujícím atmosférickou cirkulaci nad severním Atlantikem. Akční centra atmosféry se nachází poblíž Islandu a Azorských ostrovů.

Index, hodnotící intenzitu NAO, je obvykle definován jako rozdíl mezi tlakem vzduchu redukovaného na hladinu moře na stanicích Stykkisholmur na Islandu a Ponta Delgada na Azorských ostrovech. Kladná fáze NAO je spojena s hlubší tlakovou níží nad Islandem než je dlouhodobý průměr, Azorská anticyklona je naopak mohutnější. NAO ovlivňuje nejen tlakové pole, ale i řadu dalších meteorologických veličin. Kladná fáze vede k ochlazení v oblasti Labradoru, Grónska a Středozemního moře. V Evropě, severní Americe a Asii dochází naopak k oteplení. K mírnému ochlazení dochází na Dálném východě a v severní Africe (Hurrell, 1996). Při záporné fázi jsou tyto odchylky opačné, projevy jsou výraznější nad subtropickou částí Atlantiku a nad jižní Evropou.

V 50. a 60. letech 20. století byly hodnoty indexu NAO spíše záporné s minimem v 60. letech. Na začátku 70. let NAO přechází do kladné fáze, ve které setrvává doposud, s několika výjimkami na konci 70. let a zvláště v roce 1996, kdy byl index NAO opět silně záporný (Borák, 2000).

Severoatlantská oscilace je nejlépe vyjádřena v zimě, kdy vysvětluje více než 30 % meziroční variability tlaku redukovaného na hladinu moře (Marshall a kol., 1997). Kladná fáze NAO v zimě vede k silnějšímu zonálnímu proudění přes mírné zeměpisné šířky Atlantiku, které přináší nad západní Evropu abnormálně teplý a vlhký mořský vzduch. Naopak v záporné fázi přísun vzduchových hmot z oceánu slábne a zima v Evropě má spíše kontinentální charakter.

NAO ovlivňuje také stav oceánu. Roční a dlouhodobější změny NAO mají vliv na rozložení hlubokomořské i povrchové vody a její salinitu v různých částech Atlantiku. NAO dále způsobuje fluktuační teploty oceánských proudů (především Labradorského), ovlivňuje výšku vln, či rozložení a mohutnost arktického zalednění. Významně ovlivňuje polohu a dráhu atlantických cyklón a tím i přenos atmosférické vlhkosti. V průběhu kladné fáze NAO se například zvyšují srážky v oblasti Islandu a Skandinávie, sušší podmínky panují ve střední a jižní Evropě a v oblasti Středozemního moře (více viz např. Borák, 2000).

## 1.5 Variabilita klimatu a změny klimatických extrémů

### Teplota vzduchu

Dlouhodobá teplotní variabilita a změny ve výskytu extrémních teplot nejsou z celosvětového hlediska jednoznačné, závisí na nadmořské výšce, geografické poloze místa a sezóně roku. U mnoha charakteristik je proto třeba se zaměřit na regionální studie, které sledují především změny teplotních extrémů v průběhu 20. století. Nejlépe prokázaným trendem je pokles počtu mrazových dnů (Heino a kol., 1999; Easterling a kol., 2000; Plummer a kol., 1999; Collins a kol., 2000) a růst denních minimálních teplot v zimě (Frich a kol., 2001; Collins a kol., 2000). Tyto trendy lze nalézt prakticky po celém světě. Trendy denních maximálních teplot nejsou zpravidla jednoznačné. Totéž lze říci i o trendech horkých a studených vln (Kunkel a kol., 1999).

Růst denní minimální teploty vzduchu vede k prodlužování sezóny s teplotami nad 0 °C, tedy ke zkracování mrazové sezóny, ve většině oblastí mírných a vysokých zeměpisných šířek. Některé stanice v severní a střední Evropě mají v současnosti až o 50 dní s mrazem méně než na počátku 20. století. Obdobné trendy se vyskytují také na jihovýchodě USA, kde se mrazová sezóna zkracuje průměrně o 2 dny za desetiletí (Easterling, 1998), dále například v Kanadě (Bonsal a kol., 2001), Austrálii a na Novém Zélandě (Plummer a kol., 1999; Collins a kol., 2000).

Frich a kol. (2001) analyzovali data z mírných a vysokých zeměpisných šířek severní polokoule v 2. polovině 20. století, a podařilo se jim prokázat statisticky významné prodloužení vegetačního období o 5-15 %.

Od konce 19. století dochází k značnému poklesu četnosti extrémně nízkých měsíčních a sezónních průměrných teplot v mnoha částech světa. Nárůst četnosti extrémně vysokých měsíčních a sezónních průměrných teplot byl samozřejmě také zaznamenán, ale v relativně menší míře (IPCC, 2001). Například v druhé polovině 20. století došlo ve většině oblastí mírných a vysokých zeměpisných šířek severní polokoule k statisticky významnému nárůstu počtu dní s extrémně vysokými teplotami v rozmezí od 5 do 15 %. Jako typický příklad lze uvést Rusko, kde je tento nárůst statisticky významný od roku 1961 (Gruza a kol., 1999). Analýza dat z 22 stanic na jihovýchodě USA za období 1948-1993 poukázala na pokles počtu extrémně chladných dnů, ale také na pokles výskytu extrémně teplých dnů (De Gaetano, 1996). Na Novém Zélandu je pokles výskytu chladných dní a zvyšování počtu dní s maximální teplotou nad 30 °C vysvětlován změnami atmosférické cirkulace a odpovídá celkovému oteplování v této oblasti (Plummer a kol., 1999).

V poslední době je ve větší míře sledován výskyt tzv. horkých vln (definice je uvedena v 3.1) v souvislosti s jejich vlivem na mnohá odvětví činnosti člověka. Horké vlny mohou navíc v některých případech představovat přímé nebezpečí pro lidské zdraví. Desítky studií ukazují, že vysoké teploty způsobují zvýšený počet úmrtí. Pro zajímavost uvádím, že podle (Changnon a kol., 1996) dosahuje průměrný roční počet obětí v USA za posledních 100 let vlivem horkých vln 1000. V případě tornád se jedná přibližně o 82-130, silných dešťů a záplav 100-160 a hurikánů 38-63 obětí za rok. Největší počet úmrtí spojených s horkými vlnami je soustředěn do velkoměst mírných a subtropických oblastí, především na východě a středozápadě USA, v západní Evropě, severní Indii a Číně.

Výsledky studia horkých vln v USA nejsou jednoznačné, trendy jsou sporné vzhledem k nezvykle silnému výskytu těchto jevů ve 30. letech (Kunkel a kol., 1999). Oproti tomu některé regionální studie (např. Frich a kol., 2001; Kyselý a kol., 2000) prokázaly jejich zvýšenou četnost na konci 20. století.

## Atmosférické srážky

V souhrnu lze říci, že v oblastech, kde průměrný srážkový úhrn roste se častěji objevují extrémní srážky a naopak. Většina současných studií se zabývá právě výskytem extrémních srážek. Jako příklad lze uvést regionální analýzy sledující tuto problematiku v Kanadě (Stone a kol., 1999), ve Švýcarsku (Frei, Schaer, 2001), ve Velké Británii (Osborn a kol., 2000).

V průběhu 20. století došlo v mírných a vysokých zeměpisných šířkách k růstu celkového množství srážek a zpravidla také k růstu silných konvekčních srážek, který je statisticky významnější než růst celkového množství srážek. Karl a Knight (1998) ukázali, že se zvyšoval počet dní s vysokými 24-hodinovými úhrny srážek.

Podle jiných analýz (Manton a kol., 2001) v některých regionech množství srážek, které spadne během extrémních srážkových epizod, roste, ačkoliv celkové množství srážek klesá nebo zůstává stejné. Příkladem mohou být letní průměry na Sibiři v letech 1936-1994, kdy došlo k statisticky významnému poklesu úhrnů srážek o 1,3 % za desetiletí a počet dní se srážkami se také snižoval. Přesto docházelo ke zvyšování výskytu denních úhrnů srážek nad 25 mm o 1,9 % za desetiletí

V sušších oblastech světa, například v Sahelu, byl zaznamenán pokles výskytu vysokých denních srážkových úhrnů (Tarhule a Woo, 1998). Akinremi a kol. (1999) zase ukázali, že v oblasti kanadských préríí došlo naopak za posledních 40 let k celkovému zvýšení srážkových úhrnů. Toto zvýšení ale nebylo způsobeno zvýšením počtu dní s vysokými denními srážkovými úhrny, ale naopak zvýšením počtu dní s poměrně slabými srážkami do 5 mm.

Změny četnosti výskytu extrémních srážek mohou mít různé příčiny, např. změny cirkulace. V druhé polovině 20. století došlo s velkou pravděpodobností k 2 až 4% zvýšení četnosti extrémních srážek, zaznamenaných na stanicích v mírných a vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule. Například četnost jedno- až sedmidenních srážek s průměrnou periodicitou opakování 1krát ročně až 1krát za 5 let, i hodnota horních kvantilů srážek (95% a vyšší kvantily) se zvyšovala (Karl a Knight, 1998; Kunkel a kol., 1999). Růst se nejvýrazněji projevil na jihozápadě a středozápadě USA a v oblasti Velkých jezer. Tyto změny se odrazilily i na růstu ročních úhrnů srážek (Groisman a kol., 1999).

Na většině území Austrálie byl zjištěn rostoucí trend počtu dní s vysokými srážkovými úhrny, s výjimkou jihozápadní Austrálie, kde byl naopak zaznamenán pokles jednak celkového počtu dní se srážkami, jednak počtu dní s vysokými úhrny (Suppiah a Hennesy, 1998).

Co se dále týče výskytu období beze srážek a období se srážkami, ukazuje se, že celosvětově roste rozloha území, které je ohrožováno buď dlouhodobým suchem nebo srážkami, a zvyšuje se i četnost výskytu období výrazného sucha a období s vysokými srážkovými úhrny. Výsledky studií (Tarhule, 1998; Dai a kol., 1998) ukazují, že zvýšená četnost výskytu těchto období se projevuje hlavně v suchých oblastech – Sahel, východní Asie, jižní Afrika a dále ve vlhkých oblastech USA a Evropy. Většina těchto změn se týká období po roce 1970. Ve studii Frich a kol. (2001) bylo ukázáno, že na většině území mírných a vysokých zeměpisných šířek došlo k statisticky významnému zvyšování počtu dní s denním srážkovým úhrnem nad 10 mm a prodloužení srážkového období během 2. poloviny 20. století. Na území USA je proměnlivost délky trvání srážkových a bezsrážkových období vyšší. Výrazně suchá období se vyskytla především v 30. a 50. letech (Karl a kol., 1996).



## 1.6 Shrnutí základních poznatků

- Roční průměr globální teploty vzduchu u zemského povrchu se zvýšil za posledních 100 let o  $0,6 \pm 0,2$  °C. Výrazně teplejší období se vyskytla v letech 1910-1945 a od roku 1976. Průměrná teplota od roku 1976 roste přibližně o 0,15 °C za desetiletí. Na severní polokouli je zvýšení teploty výraznější než na jižní, především v mírných a vysokých zeměpisných šířkách kontinentálních částí severní polokoule.
- Měření provedená ve stratosféře, prokázala její ochlazení. Pokles v letech 1958-2000 se pohyboval v rozmezí 0,5-0,6 °C za desetiletí v nižší stratosféře a okolo 2,5 °C za desetiletí ve vyšší stratosféře.
- Světový oceán se znatelně otepluje od konce 40. let 20.století. Více než polovina těchto změn proběhla ve svrchních 300 metrech světového oceánu od konce 50. let 20. století.
- Změny denní maximální a minimální teploty vzduchu při zemském povrchu souvisí s poklesem denní amplitudy teploty v mnoha částech světa. Denní minimální teplota rostla v letech 1950-1993 dvojnásobně rychleji než denní maximální teplota. Průměry denní maximální teploty postupně rostou v těchto letech o 0,1 °C, minimální o 0,2 °C za desetiletí.
- Se zvyšováním denní minimální teploty vzduchu souvisí zkracování mrazové sezóny, ke kterému dochází v mnoha regionech mírných a vysokých zeměpisných šířek.
- V posledních 25 letech byl prokázán růst množství vodní páry v troposféře a stratosféře nad mnoha oblastmi severní polokoule.
- Nárůst oblačnosti nad pevninou má souvislost se změnami denní amplitudy teploty. Nad oceány se projevuje systematický růst množství oblačnosti o několik procent od 50. let 20. století. Výsledky jsou do značné míry ovlivněny nedostatkem staničních dat a jejich nepřesnostmi.
- V souvislosti s rostoucí teplotou zemského povrchu v průběhu 20. století dochází k ústupu alpských a kontinentálních ledovců. Od 50. let 20. století se projevuje také 10 až 15% úbytek mořského ledu v Arktidě během jara a léta.
- Všechny výše uvedené změny mají vliv také na atmosférické srážky, především nad pevninami mírných a vysokých zeměpisných šířek severní polokoule. V mírných a vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule srážkové úhrny rostly, trendy v subtropických oblastech jsou opačné. V oblastech, kde se srážkové úhrny zvyšovaly, se zvyšovala zpravidla zvyšovala i četnost výskytu extrémních srážek. Délka srážkového období se ve většině oblastí světa v 2. polovině 20. století prodlužovala, především v mírných a vysokých zeměpisných šířkách. Poznatky o srážkách nad oceány jsou zatím neúplné, protože družicová data nebyla doposud řádně prověřena.

## Kapitola 2

# Základní poznatky o kolísání a změnách klimatu v Evropě

### 2.1 Změny teploty vzduchu a atmosférických srážek v Evropě

Teplota vzduchu při zemském povrchu se na většině území Evropy během 20. století zvyšovala (IPCC, 2001). Růst teploty nebyl plynulý, nejvýraznější byl v posledních 25 letech 20. století (Klein Tank a kol., 2003). Toto oteplování bude pravděpodobně pokračovat a bude spojeno se změnami extrémního počasí a klimatických prvků.

Na většině území Evropy došlo k růstu teploty vzduchu při zemském povrchu do roku 1946. Během období 1946-1975 se projevil slabý pokles. Od roku 1976 opět teplota vzduchu při zemském povrchu rostla ve všech sezónách (Klein Tank a kol., 2003). Tyto rysy jsou nejlépe vyjádřeny v oblastech mírných a vysokých zeměpisných šířek. Některé stanice v jižní Evropě mají odlišné trendy. Typickým příkladem je Řecko, kde v průběhu 20. století došlo k poklesu teploty vzduchu u zemského povrchu. V letech 1981-1990 byla teplota vzduchu na většině území Evropy o 0,25-0,5 °C vyšší ve srovnání s obdobím 1951-1980. Oteplování je v současné době nejvýraznější v pásu, který se táhne od Španělska přes střední Evropu do Ruska (Schuurmans, 1995).

Denní amplituda teploty klesá v souvislosti s rychlejším růstem denní minimální teploty ve srovnání s růstem teploty maximální (Frich a kol., 2001). V některých oblastech Evropy nebyl tento trend prokázán. Například v Itálii denní amplituda teploty roste v souvislosti s rychlejším růstem denní maximální teploty (Brunetti a kol., 2003).

Analýzy časových řad měření srážek na evropských stanicích soustředěných v databázi ECA (European Climate Assessment, 1995) ukazují, že za poslední století se průměrné roční srážkové úhrny se zvyšovaly nad severní a západní Evropou, s výjimkou Finska, kde zůstávají hodnoty v podstatě nezměněny. V období 1981-1990 došlo k více než 10% zvýšení srážkových úhrnů ve srovnání s obdobím 1951-1980 v mírných a vysokých zeměpisných šířkách. Naopak k poklesu ročních srážkových úhrnů došlo v některých oblastech jižní Evropy, například v Řecku a v některých částech Pyrenejského poloostrova. Zatímco v některých oblastech mírných a vysokých zeměpisných šířek tedy došlo v průběhu 20. století k zvyšování ročních úhrnů srážek, především v zimě a na jaře, v některých oblastech jižní Evropy byly naopak zaznamenány srovnatelné poklesy (Schuurmans, 1995).

### 2.2 Změny cirkulace nad Evropou

Cirkulace nad Evropou je do jisté míry ovlivněna Severoatlantskou oscilací (viz. 1.4). Makrogiannis a kol. (1982) ukázali, že prvních 40 let 20. století bylo ve znamení kladné fáze NAO. Po roce 1940 došlo k zeslabení západního proudění (záporná fáze NAO), které setrvalo až do počátku 70. let 20. století. Od této doby je NAO v kladné fázi, což vede k zesílení a posunu západního proudění k severu, s následnou advekcí teplého a vlhkého vzduchu nad rozlehlou část střední a severní Evropy, a větší četnosti cyklonálních situací nad jižní Evropou. V zimě, kdy jsou projevy NAO v Evropě nejvýraznější, dochází během kladné fáze NAO k přenosu vlhkého a teplého mořského vzduchu nad západní Evropu, během záporné fáze NAO přísun vzduchových hmot z oceánu slábne a zima v Evropě má více kontinentální charakter. Srážkové úhrny v oblasti Islandu a Skandinávie se zvyšují, ve střední a jižní Evropě a u Středozemního moře se snižují (Marshall a kol., 1997).

## 2.3 Variabilita klimatu a klimatické extrémny v Evropě

Evropa je jedním z regionů, kde je variabilita klimatu největší. Variabilita v Evropě roste se zeměpisnou šířkou a má silnější projevy v chladné sezóně roku (Schuurmans, 1995).

Obecně se často tvrdí, že v souvislosti s postupujícími změnami klimatu roste krátkodobá teplotní variabilita a četnost výskytu extrémních jevů. Zatím se však jen málo studií do hloubky zabývalo tímto problémem v Evropě. Většinou se jedná o regionální studie. Jednou z nich je studie Ratcliffe a kol. (1978), která sleduje variabilitu v četnosti výskytu abnormálních situací počasí nad Britskými ostrovy od roku 1873 do 1976. Tato studie ale nepotvrdila viditelnou rostoucí nebo klesající variabilitu v žádném ze sledovaných prvků. Jako další lze uvést např. studie Forland a kol. (1998); Tuomenvirta a kol. (2000); Moberg a kol. (2000); Brunetti a kol. (2000a,b); Osborn a kol. (2000); Yan a kol. (2002). Z celoevropského pohledu sledují teplotní a srážkové extrémny v období 1946-1999 studie Peterson a kol. (2001) a Klein Tank a kol. (2003).

### Teplotní variabilita a extrémny

V období 1946-1975, které proběhlo ve znamení slabého ochlazení, se roční průměrný počet teplých extrémů snižoval, ale roční průměrný počet chladných extrémů se nezvyšoval. V letech 1976-1999, v období výrazného oteplení, průměrný počet teplých extrémů rostl dvakrát rychleji než klesal počet chladných extrémů, tedy teplotní variabilita také rostla (Klein Tank a kol., 2003). Oteplení v letech 1976-1999 je tudíž podle této studie spojeno především s růstem četnosti teplých extrémů než s poklesem četnosti studených extrémů. Studie dále uvádí, že roční trend průměrného počtu mrazových dní v Evropě je v období 1946-1999 záporný (-1,7 dne za desetiletí). Počet dní s maximální a minimální teplotou vyšší než 90% kvantil a počet dní s těmito teplotami nižšími než 10% kvantil, podle této studie, také jednoznačně poukazují na oteplování na většině území Evropy. V některých oblastech (Island, jihovýchodní Evropa) se projevuje lokální ochlazení. Tento trend je patrný především v letních měsících.

V níže uvedeném textu jsou stručně shrnuty výsledky studií provedených v různých oblastech Evropy.

V analyzované řadě extrémních teplot ze 3 stanic na území Polska (Wibing, 2000) pro období 1900-1998 se prokázala tendence k poklesu maximálních i minimálních teplot (zejména v horských oblastech) v letní sezóně roku. V zimní sezóně došlo k růstu maximální teploty, což souvisí s vyšší četností západních situací v tomto ročním období. Podle Heino a kol. (1999) byl v severní a střední Evropě zaznamenán pokles výskytu mrazových dnů od 30. let 20. století, což je v souladu s kladným trendem minimálních teplot. Bulygina a kol. (1998) zkoumali počty dní s extrémními teplotami (počet dnů, kdy je srážkový úhrn nižší než 5% kvantil a vyšší než 95% kvantil pro každou sezónu roku a rok) za období 1931-1995 na stanicích v Rusku. V posledních 30 letech sledovaného období se snižoval počet dní s výjimečně nízkými teplotami a to jak v zimě, tak i v létě. Zvyšování počtu dní s abnormálně vysokou teplotou se statisticky prokázalo jen u stanic v evropské části Ruska.

### Variabilita srážek a srážkové extrémny

Výsledky prací Frei a kol. (1998) ve Švýcarsku, Brunetti a kol. (2000a,b) v Itálii a několika dalších zaznamenaly rostoucí intenzitu srážek a tendenci k vyšším četnostem vysokých denních úhrnů srážek. Také studie Klein Tank a kol. (2003) udává celoevropský nárůst srážkových extrémů během v období 1946-1999. V oblastech, kde se průměrné roční úhrny srážek v tomto období zvyšovaly, došlo k také k zvyšování úhrnů extrémních srážek, k jejich poklesu došlo podle této studie zpravidla na stanicích v suchých oblastech.

Forland a kol. (1998) se zabývali dlouhodobými změnami extrémních jednodenních srážkových úhrnů v severní Evropě. Výrazné jednodenní srážky mohou hrát klíčovou roli pro vytvoření povodňových podmínek, zejména v obydlených oblastech. Zkoumány byly počty dní s výjimečně vysokými srážkovými úhrny v jednotlivých desetiletích od roku 1880. Maximum bylo zjištěno v 30. letech 20. století a rostoucí trend v posledních dvou desetiletích 20. století. V Řecku bylo zjištěno (ECSN, 1995), že 70. a 80. léta 20. století mají výrazně vyšší četnost výskytu vysokých denních úhrnů srážek nad 140 mm ve srovnání s předchozími 80 lety.

V některých částech Evropy se projevuje růst délky období beze srážek. Například v Maďarsku byl zjištěn nárůst délky období beze srážek a pokles výskytu dní se srážkami (Szinell a kol., 1998). Rozbory dat na Pyrenejském poloostrově (ECSN, 1995) ukazují, že období 1981-1993 lze hodnotit z hlediska výskytu období se srážkami a beze srážek za suché, zejména v porovnání s předchozím obdobím 1951-1980, které bylo naopak nejdeštivější za celou dobu přístrojových pozorování v této oblasti.

Studie Brunetti a kol. (2003) udává mimo jiné záporný trend délky období se srážkami v Itálii. Nejvýraznější je tento pokles v zimě. Podle této studie roste intenzita srážek, ale tento růst je menší než je pokles počtu dní ve srážkovém období a není soustředěn do jedné sezóny. V zimě intenzita srážek roste v severní Itálii a klesá v jižní Itálii. V severní Itálii je zvýšení intenzity srážek dáno silným nárůstem extrémních srážek, v jižní Itálii vyšším počtem dní ve srážkovém období.

Ve své studii Brunetti a kol. (2003) dále uvádějí, že v Itálii jsou reakce některých charakteristik na globální růst teploty odlišné, než je tomu v ostatní Evropě. Ve skutečnosti, vedle společných rysů – zvyšování teploty a intenzity srážek - jsou zde jiné charakteristiky, které se chovají odlišně než v ostatních částech Evropy i světa – stupeň pokrytí oblohy oblačností klesá, denní amplituda teploty roste, počet dní ve srážkovém období klesá. Všechny tyto změny jsou pravděpodobně dány zesilováním kladné fáze NAO.

## 2.4 Shrnutí základních poznatků

- Průměrná teplota v Evropě se zvyšovala za poslední století ve všech sezónách roku, nejvýrazněji v zimě. Zvyšování teploty nebylo plynulé.
- Denní amplituda teploty klesá v souvislosti s rychlejším růstem denní minimální teploty ve srovnání s růstem teploty maximální. V některých oblastech Evropy je trend opačný, denní amplituda roste, což je způsobeno rychlejším růstem denní maximální teploty (Itálie).
- Ve 20. století se průměrné roční srážkové úhrny zvyšovaly nad severní a západní Evropou, s výjimkou Finska, kde zůstávaly hodnoty v podstatě nezměněny. K poklesu ročních srážkových úhrnů došlo v některých oblastech jižní Evropy, například v Řecku a v některých částech Pyrenejského poloostrova.
- Oteplení v letech 1976-1999 je spojeno především s růstem teplých extrémů než s poklesem studených extrémů.

# Kapitola 3

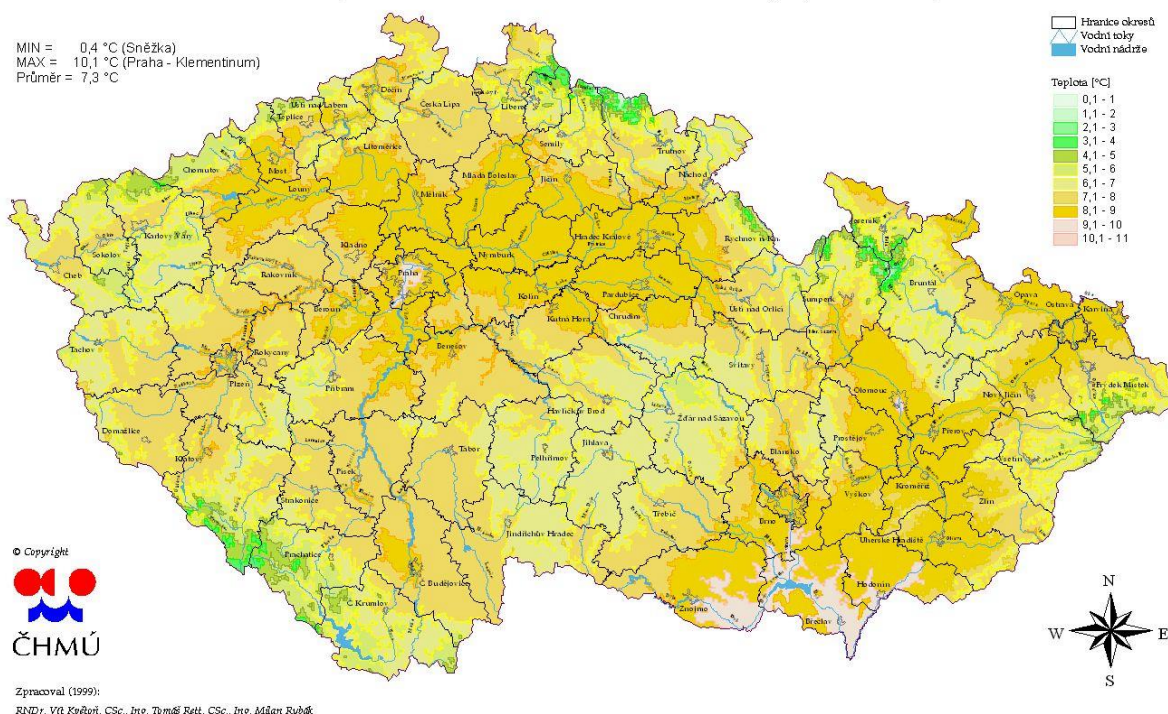
## Klima České republiky a jeho změny

### 3.1 Teplota vzduchu v ČR v období 1961-2000

#### Průměrná roční a sezónní teplota vzduchu a její prostorové rozdělení

Průměrná roční teplota se na území ČR v období 1961-1990 měnila v závislosti na nadmořské výšce a geografické poloze od 1,0 do 9,4 °C. Průměrná teplota na jaře se pohybovala mezi -0,1 až 9,6 °C, v létě v rozmezí 8,8 až 18,5 °C, na podzim od 2,0 do 9,6 °C a v zimě od -6,8 do +0,2 °C (Kalvová a kol., 1995). Průměrná roční teplota je nejnižší v horských oblastech podél severní, východní a jihozápadní hranice území ČR. Nejteplejší oblasti mají nadmořskou výšku přibližně 200 metrů. Jedná se především o nížiny na jihovýchodní Moravě a Polabskou nížinu ve středních Čechách. Plošně převládající průměrná roční teplota a průměrná teplota na jaře a na podzim se pohybuje podle Kalvová a kol. (1995) mezi 7-8 °C, průměrná teplota v létě kolísá mezi 16-17 °C a v zimě je přibližně -1 °C. Specifickou oblastí je Praha, která je tepelným ostrovem. Její průměrná roční teplota je o 1 °C vyšší než odpovídá její geografické poloze (více viz Beranová, 2002). Lokální teplotní poměry jsou ovlivněny nadmořskou výškou, geografickými souřadnicemi a místními geomorfologickými poměry, zejména expozicí terénu (viz obr. 3.1).

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-1990 [°C]. Česká republika.



Obr. 3.1: Rozložení průměrné roční teploty v České republice v období 1961-1990 (převzato z [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)).

## Roční chod teploty vzduchu v období 1961-1990

Česká republika měla v tomto období jednoduchý roční chod teploty vzduchu s minimem v lednu a maximem v červenci. Průměrná lednová měsíční teplota v České republice kolísala od  $-0,9$  do  $-7,4$  °C, v červenci od  $9,3$  do  $19,1$  °C. Amplituda ročního chodu teploty se pohybovala od  $16,7$  do  $21,1$  °C v závislosti na poloze stanice (na zeměpisné šířce, zeměpisné délce a nadmořské výšce). S rostoucí zeměpisnou šířkou klesá roční amplituda o  $0,3$  °C na jeden šířkový stupeň. Směrem na východ roční amplituda roste v průměru asi o  $0,08$  °C na stupeň zeměpisné délky. Nejvýrazněji se amplituda mění s nadmořskou výškou, klesá o  $0,25$  °C na  $100$  m (Kalvová a kol., 1995).

## Porovnání teplotních poměrů ČR v období 1961-1990 a 1991-2000

Pokud porovnáme průměrné hodnoty ročních průměrů denních maximálních a minimálních teplot vzduchu za dvě výše uvedená období, jsou průměry za desetiletí 1991-2000 vždy vyšší než průměry za období 1961-1990. Nejvýrazněji se tyto změny projeví podle Kalvová a kol. (2001) na stanicích s nadmořskou výškou  $501-600$  m nad mořem. Průměrná změna ročních průměrů maximální teploty ( $0,74$  °C) je vyšší než průměrná změna ročních průměrů minimální teploty ( $0,58$  °C). Roční průměry denních průměrných teplot jsou o  $0,64$  °C vyšší v období 1991-2000 než v 1961-1990. Zvýšení ročních průměrů denních maximálních, minimálních a průměrných denních teplot vzduchu bylo způsobeno především růstem letních teplot, v poněkud menší míře pak růstem průměrů za zimní a jarní měsíce. Výjimkou jsou podzimní průměry maximálních denních teplot, které jsou v letech 1991-2000 o  $0,1$  až  $0,3$  °C nižší než v 1961-1990 (kromě horské stanice Churáňov).

### Charakteristiky založené na maximální a minimální teplotě

Průměrný počet *tropických dní* (dní, ve kterých je maximální teplota vzduchu  $T_{\max} \geq 30$  °C) je za období 1991-2000 vyšší na všech stanicích než v letech 1961-1990 a předešla desetiletí (Kalvová a kol., 2001). Z deseti roků s nejvyšším počtem tropických dní se jich 5 nachází v posledním desetiletí. Nejvyšší počet tropických dnů se vyskytl v roce 1994, kdy jich na stanicích v nadmořské výšce  $600-800$  m bylo zaznamenáno 12 (Svratouch), 6 (Přimda) a 10 (Červená). V Žatci bylo tropických dní dokonce 30. Dalšími roky s vysokým počtem tropických dní jsou roky 1992, 2000, 1995, 1998, 1983.

Průměrný počet *letních dnů* (dnů, ve kterých je maximální teplota vzduchu  $T_{\max} \geq 25$  °C) je v období 1991-2000 vyšší než v období 1961-1990. Jejich průměrný počet za období 1961-1990 se pohybuje na stanicích s nadmořskou výškou do  $500$  m mezi  $30-50$ . Vůbec nejvyšší počet letních dnů byl zaznamenán na stanici Žatec,  $51,3$  dne. Jejich nejvyšší průměrný počet byl zaznamenán v roce 1983, dále v letech 1992, 1994 a 2000. V posledním desetiletí také došlo ke zvýšení počtu dní s maximální teplotou  $T_{\max} \geq 20$  °C (Kalvová a kol., 2001). Nejvíce se těchto dní v průměru vyskytlo v letech 1992, 2000, 1983 a 1999. Byly zaznamenány i na stanici Lysá hora, kde se jich v období 1961-2000 vyskytlo v průměru 23. V nadmořských výškách do  $300$  m n. m. je jejich průměrný počet vyšší než 100.

Průměrný počet *mrazových dnů* (dnů, ve kterých minimální teplota vzduchu  $T_{\min} \leq -0,1$  °C) za období 1961-1990 stoupá s rostoucí nadmořskou výškou. V nížinách se počet mrazových dnů pohybuje okolo 103 dní, v nadmořských výškách  $701-800$  m je mrazových dnů necelých 140. V posledním desetiletí 20. století bylo na většině stanic zaznamenáno méně mrazových dnů, zejména ve vyšších polohách. Oproti tomu v nížinách byl desetiletý průměr (1991-2000) mrazových dnů na některých stanicích vyšší než průměr za období 1961-1990 (Kalvová a kol., 2001). Největší počet mrazových dnů (za posledních 40 let) se vyskytl v zimě 1995/1996. Mrazové dny v tomto roce tvořily v průměru  $1/8$  zimy. Další vysoký počet mrazových dnů se vyskytl v zimě 1996/1997.

*Ledových dnů* (dnů, ve kterých maximální teplota vzduchu  $T_{\max} \leq -0,1$  °C) se na našem území vykytuje v průměru 30 až 70 (Kalvová a kol., 2001). Úbytek ledových dnů byl zaznamenán v 90. letech, zejména ve vyšších polohách. Zimou s nejvyšším počtem ledových dní byla zima 1962/1963 a dále zimy 1995/1996 a 1963/1964. Také z pohledu počtu dní s  $T_{\min} \leq -5$  a  $T_{\min} \leq -10$  °C jsou zimy v období 1990-2000 teplejší než v období 1961-1990. Nejstudenější zimou, co se počtu těchto dní týče, byla zima 1962/1963.

Celková analýza vykazuje soustředění teplých období do devadesátých let, s výjimkou zimy 1995/1996 a 1996/1997. Šedesátá léta jsou celkově charakterizována jako převážně studená (Kalvová a kol., 2001).

### **Výskyt extrémních jevů**

Na počátku 60. let a v polovině 80. let 20. století se podle Kalvová a kol. (2001) zvýšila četnost výskytu chladných extrémů, nevýrazné minimum se objevuje v 70. letech 20. století. V 90. letech byl výskyt chladných extrémů v zimě výrazně častější než v 70. letech 20. století. Nevýrazné maximum výskytu chladných extrémů v létě se objevuje v polovině 80. let, minima v 70. a 90. letech 20. století. V posledním desetiletí 20. století došlo také k výraznému růstu četnosti výskytu teplých extrémů v zimě, zatímco v průběhu období 1961-1990 byl jejich výskyt poměrně vyrovnaný. Obdobně to platí pro teplé extrémy v létě. Jejich četnost za období 1991-2000 je výrazně vyšší než v předchozím období, tedy stoupl počet extrémně teplých dnů v létě. Časovému rozdělení četnosti výskytu extrémně chladných dnů dominují dvou- až tříletá období (1961-1963, 1969-1971, 1985-1987, 1996-1997).

### **Extrémní teplotní období v letech 1961-1990, horké vlny**

Teplá (chladná) extrémní teplotní období jsou definována jako souvislá období o délce alespoň 3 dny, v průběhu nichž je teplota vyšší (nižší) než hodnota 95% (5%) kvantilu empirické distribuční funkce pro daný den.

Od konce 80. a 90. let 20. století je patrná výrazná vyšší četnost výskytu teplých extrémních teplotních období s nevyššími hodnotami v letech 1994 a 2000 (Kalvová a kol., 2001). Chladná extrémní teplotní období zase vykazují větší meziroční proměnlivost než teplá extrémní období. Od poloviny 70. let 20. století se četnost teplotních extrémů mírně zvyšuje, což je dáno délkou chladných a teplých extrémních teplotních období. Toto zvyšování četnosti je nejlépe patrné na stanicích v menších nadmořských výškách.

Na většině stanic jsou stále častěji zaznamenávány tzv. horké vlny. V meteorologické literatuře nejsou horké vlny jednotně definovány. Definice uvedená v Kyselý (2003) udává, že horké vlny jsou souvislá období s extrémně horkým letním počasím, splňující 3 základní podmínky: Musí být zaznamenána maximální teplota  $T_{\max} \geq 30$  °C po dobu nejméně 3 dní, hlavní maximum za celé období je nejméně 30 °C a maximální teplota nesmí klesnout pod 25 °C. Více se lze o horkých vlnách dočíst např. ve studii Kyselý a kol. (2000).

Od roku 1961 do roku 1998 byly nejteplejší letní sezóny z hlediska výskytu horkých vln zaznamenány v letech 1983, 1992, 1994 a 1998 (Kyselý, 2003). Jednotlivá léta se ale od sebe lišila. V létě 1983 se docházelo k poměrně častým ochlazením, které měly souvislost s přechody front, a které období veder několikrát přerušily. Horké vlny byly tedy kratší. Léto 1992 bylo charakteristické pozvolným velmi plynulým zvyšováním teploty s nízkým výskytem výraznějších ochlazení od 10. června. V létě roku 1994 se střední Evropa většinou nacházela pod vlivem vyššího tlaku vzduchu a studené fronty nad kontinentem ztrácely svoji výraznost. Na některých stanicích v souvislém období 10-16 dnů dokonce neklesla maximální teplota pod 32,0 °C, což byla situace do té doby zcela ojedinělá. Léto roku 1998 se vyznačovalo velkou proměnlivostí teploty a střídáním teplých a chladných období. Horké vlny nebyly příliš dlouhé, ale ostře vyjádřené.

Podle Kyselý (2003) je stanicí s nejčastějším výskytem horkých vln Žatec (201 m.n.m). Za období 1961-1998 bylo na této stanici zaznamenáno celkem 64 horkých vln. Oproti tomu se horké vlny jen ojediněle vyskytují na stanicích s nadmořskou výškou nad 600 metrů (na každé je zaznamenáno nevíce 5 horkých vln za 38 let). Průměrná délka horkých vln se na většině stanic pohybuje v úzkém rozmezí 6,0 až 8,5 dne. Nejčastější jsou horké vlny o délce 4 až 7 dnů. Na většině stanic se vyskytla nejdelší horká vlna v letech 1992 nebo 1994. Např. horká vlna v červenci a srpnu 1994 trvala více než 32-34 dní na většině stanic a vyskytlo se během ní 17-18 tropických dní za sebou (Kyselý a kol., 2000).

### **Překračování dosavadních absolutních denních maximálních a minimálních teplot**

V 2. polovině 20. století došlo také k častému překračování dosavadních absolutních denních maximálních teplot v Praze-Klementinu a na některých dalších stanicích (Praha-Libuš, Ostrava-Mošnov, Brno-Tuřany). Celkem 78 absolutních denních maximálních teplot z 366 připadá v Praze – Klementinu na krátké období 1989-2001. K překročení absolutních denních minimálních teplot došlo v tomtéž období pouze 4-krát. Tendence k častějšímu výskytu absolutních denních maximálních teplot pokračuje i v 21. století. Např. v roce 2001 došlo 6-krát k překročení dosavadních maximálních rekordů. Poslední desetiletí 20. století bylo v Klementinu nejteplejším obdobím od roku 1775. Roky 1994 a 2000 byly nejteplejší za celé období měření v Klementinu. Nejčastěji došlo k překonání stávajícího maximálního rekordu v Klementinu v zimních měsících (Tomšů, 2002).

### **N-leté teploty vzduchu**

Jako N-leté teploty vzduchu označujeme teploty vzduchu, které lze v průměru očekávat jednou za 10, 20, 50 a 100 let. Podle (Kalvová a kol., 2001) se odhady desetiletých maximálních teplot na 29 sledovaných stanicích pohybují přibližně mezi 36,8 °C v Žatci a 27,6 °C v Lysé hoře. Odhady padesátiletých maximálních teplot vzduchu se pohybují mezi 38,7 °C v Klatovech a 28,6 °C na Lysé hoře. Jako příklad dále uvádím odhady desetileté minimální teploty vzduchu, které se na stanicích pohybovaly od -19,8 °C v Ondřejově po -27,4 °C v Lučině a padesátileté, které kolísají na stanicích v ČR mezi -21,5 a -30 °C. Uvedené hodnoty byly získány na základě tříparametrického extrémálního rozdělení (4.3).

## **3.2 Srážkové poměry ČR v období 1961-2000**

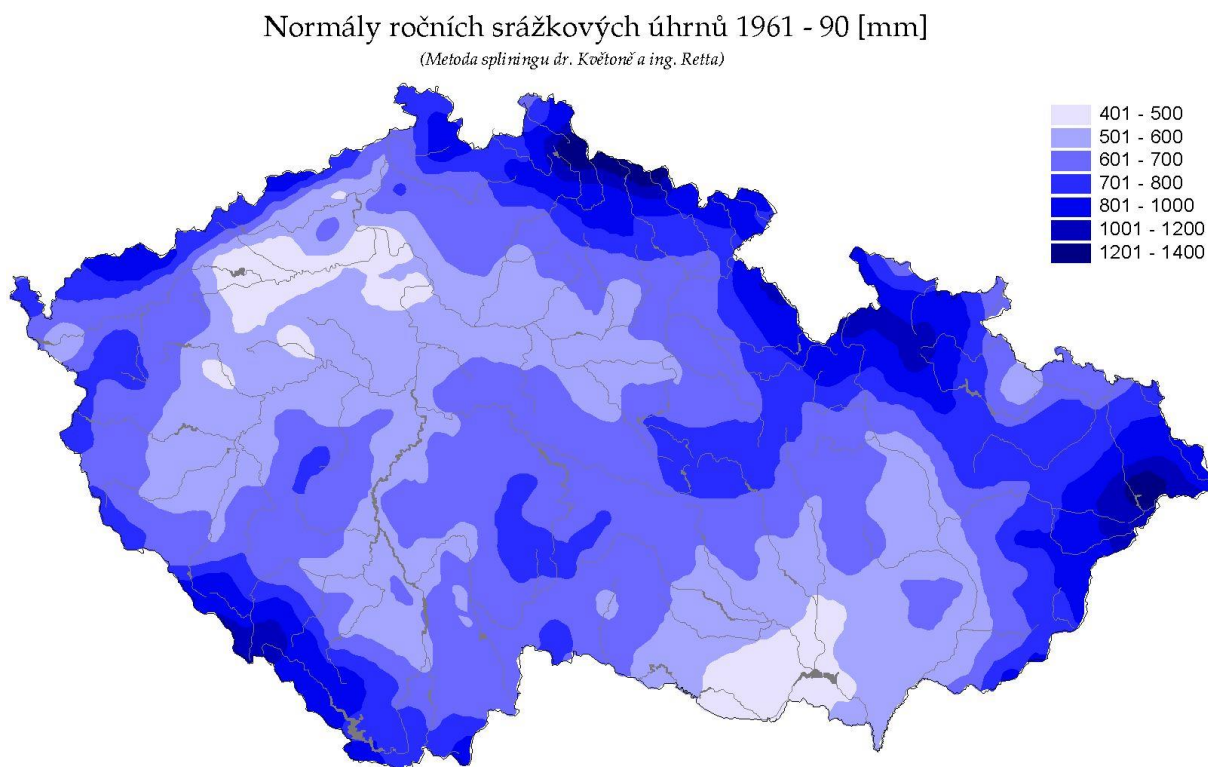
Atmosférické srážky patří z hlediska prostorového i časového k nejproměnlivějším klimatickým prvkům. Závisí především na nadmořské výšce, geografické poloze a na výskytu některých povětrnostních situací v dané oblasti. Mezi srážkami a nadmořskou výškou již není tak těsná vazba jako tomu bylo v případě teploty. Vydatné srážky se u nás vyskytují především v souvislosti s tlakovými nížemi a brázdami nad střední Evropou. Srážkové úhrny závisí především na četnosti výskytu tlakových níží, které postupují z Atlantského oceánu na východ a severovýchod a částečně na četnosti tlakových níží postupujících ze Středozemního moře na sever až severozápad. V létě k nám někdy zasahuje výběžek tlakové výše z oblasti Azorských ostrovů, který zpravidla přináší delší období beze srážek (Podnebí ČSSR, 1969).

### **Rozdělení srážkových úhrnů na území ČR**

Nejsušší oblastí České republiky je oblast ležící v dešťovém stínu Krušných hor, která je vymezená přibližně Mostem, Chomutovem, Kadani, Žatcem a dále se táhne podél Ohře na severovýchod. Také úzký pás podél Dyje na západ od Mikulovských vrchů patří k nejsušším oblastem České republiky. Průměrný roční úhrn srážek je v těchto oblastech v období 1961-1990 menší než 450 mm. Nejnižší průměrný roční srážkový úhrn byl zaznamenán v Kadani – Tušimicích (435 mm). K oblastem s největším množstvím srážek patří návětrné svahy Jizerských hor a Krkonoš a nejvýše položené oblasti Moravskoslezských Beskyd, s průměrnými ročními úhrny přesahujícími v období 1961-1990 hodnotu 1300 mm. Nejvyšší



průměrný roční srážkový úhrn byl zaznamenán na Lysé Hoře, 1390 mm (viz obr. 3.2). Absolutně nejvyšší měsíční srážkový úhrn byl zaznamenán také na Lysé Hoře. V srpnu 1972 zde byl zaznamenán měsíční srážkový úhrn 518 mm, tj. 296 % měsíčního průměru. Absolutně nejnižší měsíční srážkový úhrn (0,3 mm) byl zaznamenán ve Starém Městě (okres Uherské Hradiště) v prosinci téhož roku, jednalo se o 0,01 % průměrného měsíčního úhrnu na této stanici. Z výše uvedeného je patrné, jak velkou proměnlivost mají srážky na území ČR (Kalvová a kol., 1995).



Obr. 3.2: Rozložení průměrných ročních srážkových úhrnů [mm] v ČR v období 1961-1990 (převzato z [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)).

### Roční chod měsíčních úhrnů srážek

V dříve zpracovaných obdobích měl roční chod měsíčních úhrnů srážek podobu jednoduché vlny s maximem v červenci a minimem v únoru nebo lednu. V období 1961-1990 se tento roční chod prakticky neobjevuje. Vyskytují se jedno nebo dvě maxima v letních měsících a v řadě případů také lokální maximum v listopadu. Maximum ročního chodu srážek se vyskytuje nejčastěji v červnu nebo v srpnu. V oblasti, která se táhne od západního Polabí až po Prahu a na severozápadě Českomoravské vrchoviny jsou však maxima ročního chodu posunuta na květen a červenec, případně květen a srpen. V jihozápadních Čechách, ve vrchovinných oblastech Čech (v Brdech a převážné části Českomoravské vrchoviny) a na většině území Moravy a Slezska se v letním období objevuje jen jedno maximum ročního chodu, to však není příliš výrazné. Lokální maximum v listopadu je typické především pro nížiny. Téměř vůbec se nevyskytuje v oblastech vrchovin a horských oblastech. Minimální úhrny srážek připadají v Čechách nejčastěji na únor, případně leden, na Moravě a ve Slezsku zpravidla až na březen. Jen spíše výjimečně je nejnižší srážkový úhrn pozorován v říjnu nebo v prosinci. Nižší průměrné srážkové úhrny v říjnu však téměř vždy můžeme označit jako

podružné minimum. Roční chod srážek v horských oblastech má nejčastěji tvar dvojité vlny s maximy v létě a v zimě a s minimy na jaře a na podzim (Kalvová a kol., 1995).

### **Porovnání srážkových úhrnů v letech 1961-1991 a 1991-2000**

V porovnání s obdobím 1961-1991 bylo desetiletí 1991-2000 srážkově chudší na většině stanic České republiky (Kalvová a kol., 2001). Vyšší měsíční srážky v letech 1991-2000 měly jen stanice s nadmořskou výškou nad 700 m a stanice Liberec a Havlíčkův Brod. Naopak výrazně nižší měsíční srážky v období 1991-2000 byly zaznamenány na stanicích s menší nadmořskou výškou, nacházející se většinou na Moravě a ve středních Čechách (Olomouc, Brno-Tuřany, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně, Doksany).

### **Extrémní srážkové úhrny a proměnlivost srážek**

#### **Extremní hodnoty měsíčních řad srážkových úhrnů**

V souvislosti s globálním oteplováním ve 20. století se hovoří o zvýšeném výskytu extrémních srážek také v České republice. Jako meze pro extrémní úhrny srážek jsou používány nejčastěji 5%, 10%, 90% a 95% kvantily. Měsíc, ve kterém měsíční úhrn srážek nepřesahuje 50% či 10% kvantily, je označován jako extrémně suchý. Naopak měsíc, ve kterém měsíční srážkový úhrn přesahuje 90% či 95% kvantily, je označován za extrémně vlhký. Jako extrémně suchý měsíc lze označit z tohoto pohledu prosinec 1963, který byl jako extrémně suchý hodnocen na všech stanicích za období 1961-2000, dále prosinec 1972 a květen 1992. Jen březen 2000 je naopak hodnocen jako extrémně vlhký na všech stanicích. Počet extrémně suchých měsíců (v kterémkoliv sezóně roku) kolísá od 43 v Třeboni do 63 v Albrechticích-Žárech. Počet extrémně vlhkých měsíců pak kolísá v období 1961-2000 od 44 v Praze-Ruzyni do 62 v Husinci a Havlíčkově Brodě (Kalvová a kol., 2001).

Na více než polovině stanic analyzovaných v rámci projektu VaV/740/1/00 (Kalvová a kol., 2001) došlo v posledním desetiletí k výraznému nárůstu extrémně suchých měsíců. Jedná se o leden, únor, duben, květen, srpen a říjen. Četnost suchých měsíců naopak výrazně klesla v březnu, červenci, listopadu a prosinci. V případě extrémně vlhkých měsíců byl výrazný nárůst pozorován jen v březnu, červenci a září, zatímco v měsících leden, únor, duben-červen a srpen naopak došlo k poklesu jejich výskytu. Pro některé měsíce tak nejteplejší desetiletí znamenalo častější výskyt extrémně suchých měsíců na úkor extrémně vlhkých, a naopak.

#### **Průměrné hodnoty srážkových úhrnů a průměrné počty dní se srážkovými úhrny s danými limity**

Průměrné roční a sezónní srážkové úhrny nad daný limit (většinou se uvádějí hodnoty 0,1 mm, 1 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm, 50 mm za jednotlivé sezóny) se pro jednotlivé stanice v nižších a také středních nadmořských výškách příliš neliší, naopak u horských stanic jsou vzájemné rozdíly značné (Kalvová a kol., 2001). Maximálních srážkových úhrnů je dosaženo v létě, minimálních v zimě.

V letech 1961-1990 a 1991-2000 došlo ke změnám jak tvaru statistického rozdělení průměrných denních srážkových úhrnů, tak i ročního chodu. Pravděpodobně došlo k mírnému posunu statistického rozdělení denních úhrnů srážek směrem k vyšším hodnotám, především na Moravě. Nejvýraznější z celého roku jsou podzimní změny, s největším počtem statisticky významných zvýšení četností výskytu denních úhrnů srážek v celém rozsahu zvolených limitů. Tyto změny nevykazují geografickou závislost, jen pro limit 20 mm jsou nárůsty počtu dní silně soustředěny na severní Moravě. V létě došlo k posunu rozdělení směrem k vyšším hodnotám, což vedlo k mírnému poklesu četnosti srážkových úhrnů pod 10 mm a růstu četnosti srážkových úhrnů nad 10 mm, především v Čechách. V zimě také došlo k poklesu četnosti nízkých srážkových úhrnů, ovšem spíše na Moravě. Odpovídající růst četnosti dní s vyššími srážkovými úhrny nebyl spolehlivě prokázán. Na jaře došlo k poklesu počtu dní ve

všech stanovených limitech a to především v západních a středních Čechách. (Kalvová a kol., 2001).

### **Srážková a bezsrážková období**

Srážková a bezsrážková období jsou definována jako posloupnosti  $n$  dnů ( $n = 1, 2, \dots$ ), v nichž nebyly zaznamenány žádné srážky (bezesrážková období), resp. denní srážkové úhrny přesáhly určitou mez (srážková období) (Brázdil, Štěpánek, 2000). Nejdelší bezsrážková období se vyskytují podle (Kalvová a kol., 2001) v pásu táhnoucím se z jižních Čech na severovýchod směrem na Olomoucko. Jejich délka se pohybuje v rozmezí 20 dnů (Svratouch) a 39 dnů (Brno-Tuřany).

Srážková období s limitem  $\geq 0,1$  mm jsou nejkratší na jižní Moravě (Kuchařovice 13 dnů, Brno-Tuřany 14 dnů) a v Podkrušnohoří (15-16 dnů), nejdelší období bylo zaznamenáno na stanici Velké Meziříčí (33 dnů). Toto prostorové rozložení se výrazněji nemění ani u srážkových období  $\geq 1,0$  mm, jen nejdelší období se přesunulo na sever Čech. Maximální délka srážkových období  $\geq 5,0$  mm se pohybuje mezi 5-9 dny, pro srážková období  $\geq 10,0$  mm mezi 3-7 dny. Výrazný rozdíl se může projevit i mezi blízkými stanicemi.

Počet výskytů delších bezsrážkových a srážkových období v letech 1991-2000 se výrazně zvýšil oproti období 1961-1990, ale jejich délka se zkracuje. To platí zejména pro srážková období  $\geq 1,0$  mm. V desetiletí 1991-2000 se zvýšil počet jednodenních a tří- až osmidenních bezsrážkových období, přičemž se nevyskytlo delší období než devítidenní. V letech 1961-1990 bylo ale vždy zaznamenáno jedno deseti- až třináctidenní a patnácti- až šestnáctidenní období beze srážek. Pokud jde o srážková období  $\geq 0,1$  mm, byla v desetiletí 1991-2000 častější jedno- až sedmidenní, deseti- až třináctidenní, devatenácti- až jednadvacetidenní, třiadvaceti- až pětadvacetidenní a devětadvacetidenní. U srážkových období  $\geq 1,0$  mm byl sice jejich nárůst pozorován pro jedno- až třídenní, pětidenní, devítidenní, jedenáctidenní a dvanáctidenní, ale v období 1961-1990 se vyskytly navíc i periody délky  $n = 13-17, 19$  a dokonce 27 dní (Kalvová a kol., 2001).

### **Maximální N-leté úhrny srážek**

V (Kalvová a kol., 2001) byly zkoumány jedno-, dvou-, tří-, čtyř- a pětidenní maximální roční úhrny srážek s periodicitou opakování 1-krát za 10, 20, 50 a 100 let na 29 vybraných stanicích České republiky. Například jednodenní roční úhrny srážek s periodicitou opakování 1-krát za 10 let se pohybovaly mezi 43 mm na Přimdě a 134 mm na Lysé hoře (druhý nejvyšší úhrn je 70 mm ve Valašském Meziříčí a v Lučině), jednodenní roční úhrny srážek s periodicitou opakování 1-krát za 100 let mezi 56 mm v Táboře a 273 mm na Lysé hoře (druhý nejvyšší 174 mm v Městě Albrechticích-Žárech). Výrazně vyšší hodnoty na Lysé hoře, ve srovnání s ostatními stanicemi, jsou dány jednak jejími klimatickými podmínkami a také několikadenní srážkovou epizodou spojenou s povodněmi v červenci 1997. Například maximální 5-denní úhrn srážek této stanici byl během této epizody 586 mm, na stanici Valašské Meziříčí 376 mm, což je v obou případech výrazně vyšší hodnota, než jsou ostatní hodnoty v příslušném souboru. Evidentní je tedy zvýšení maximálních N-letých úhrnů srážek na Lysé hoře, které však nelze zobecnit na všechny horské oblasti v ČR, neboť ani stanice na Šumavě (Churáňov) nevykazují výraznější zvýšení odhadovaných maximálních srážek v porovnání se stanicemi s nižší nadmořskou výškou. Podobný efekt jako na Lysé hoře a ve Valašském Meziříčí se projevil také na dalších stanicích, například v Lučině, Městě Albrechticích-Žáry, v Hradci Králové a Ondřejově. Vliv izolovaných epizod s velmi vysokými srážkovými úhrny, zejména dvoudenních, však nebyl tak výrazný. Hradec Králové měl v roce 1974 maximální dvoudenní úhrn srážek 118 mm, Ondřejov 124 mm v roce 1977 a 129 mm v roce 1981.

### 3.3 Změny atmosférické cirkulace

Území České republiky se nachází v přechodné oblasti mírného klimatického pásma severní polokoule. Převládajícími vzduchovými hmotami jsou hmoty, které mají původ ve středních zeměpisných šířkách. Poměrně často však u nás dochází také k vpádům vzduchových hmot tropického původu (přibližně 9 %) a arktického původu (přibližně 13 %). Střídání vzduchových hmot je spojeno s častým přechodem atmosférických front během celého roku. V průměru přejde ročně přes naše území 125 front, z toho 66,2 studených, 24,4 teplých a 34,4 okluzních, převážně od severozápadu až jihozápadu (Brádka, 1950).

Ke stanovení změn atmosférické cirkulace lze použít několika přístupů. Je možné sledovat četnost výskytu jednotlivých typů například na základě subjektivní Hess-Brezovského typizace. Hess-Brezovského typizace (Hess a Brezowsky, 1952) popisuje charakter cirkulace v západní a střední Evropě. Poměrně dobře vystihuje i poměry v České republice. Mezi hlavní změny v atmosférické cirkulaci v období 1961-2000, analyzované na základě této metody v Kalvová a kol. (2001), patří nárůst četnosti zonálních situací v zimě do roku 1990, který byl vyvolán zvýšením průměrné doby existence těchto situací, s následným mírným poklesem četnosti v 90. letech. V zimě přibližně od roku 1975 došlo k poklesu četnosti severních situací, velmi mírné zvýšení se projevilo v 90. letech. V létě docházelo až do poloviny 80.let ke zvyšování četnosti severních situací, s následným poklesem. Výrazné maximum četnosti výší nad střední Evropou v zimě i v létě bylo zaznamenáno kolem roku 1990 a bylo způsobené zvýšením persistence tlakových výší. Minimum výskytu anticyklonálních situací se objevilo v druhé polovině 60. let a maximum kolem roku 1990, zejména v zimě .

### 3.4 Shrnutí základních poznatků

- Také v České republice dochází v posledních 100 letech ke změnám některých klimatických charakteristik. Nejvýrazněji se tyto změny projevují v délce mrazové sezóny, změnami v četnosti výskytu extrémních teplot a srážkových úhrnů a v délce období s extrémními teplotami a srážkami. Vedle charakteristik, které jsou v souladu se změnami v ostatních částech Evropy a ve světě (např. růst průměrné denní teploty vzduchu), se vyskytují i takové, které se chovají odlišně. Jednou z nich je například denní amplituda teploty. Její průměrná hodnota v období 1961-1998 na většině území Evropy i světa klesá v souvislosti s rychlejším růstem denní minimální teploty ve srovnání s denní maximální teplotou (IPCC, 2001). V České republice naopak denní amplituda teploty v tomto období roste v souvislosti s tím, že změna ročních průměrů maximální teploty je větší než změna ročních průměrů minimální teploty (Kalvová a kol., 2001; Klein Tank a kol., 2003).
- Období 1991-2000 bylo na většině stanic ČR srážkově chudší, v tomto období se projevilo také zvýšení četnosti extrémně suchých měsíců ve srovnání s obdobím 1961-1990.
- V posledních několika letech došlo ke zvýšení četnosti výskytu horkých vln a prodloužení délky jejich trvání, u studených vln je situace opačná.
- V posledním desetiletí 20. století se také zvyšovala četnost výskytu delších bezesrážkových a srážkových období, ale jejich délka se zkrátila v porovnání s obdobím 1961-1990.

## Kapitola 4

### Datové soubory a metody zpracování

#### 4.1 Teploty vzduchu a atmosférické srážky měřené na stanicích ČR

K dispozici jsem měla čtyřicetileté časové řady na 29 stanicích v České republice. Stanice byly vybrány jednak z hlediska prostorového rozložení, jednak z hlediska nepřetržitosti měření. Dále se přihlíželo k tomu, aby stanice nebyla, v průběhu měření přemístěna takovým způsobem, který mohl narušit homogenitu řad. Řady obsahovaly denní průměrnou, maximální a minimální teplotu a denní srážkový úhrn pro každý den období 1961-2000. Data poskytl Český hydrometeorologický ústav pro řešení projektu GAČR 205/03Z024 (Halenka, 2004). Vybrané stanice se nacházely v nadmořské výšce mezi 158 m (Doksany) a 1324 m (Lysá hora). Protože stanice mají velké rozpětí nadmořské výšky, byly pro zjednodušení dalšího zpracování rozděleny do 6 výškových pater:

##### 1. nížinné stanice (do 230 m n.m.)

Do této skupiny patří stanice Doksany, Holešov, Semčice a Žatec. Přestože stanice Kuchařovice leží v nadmořské výšce 334 m, můžeme ji zařadit mezi nížinné stanice, vzhledem k její poloze v Dyjskosvrateckém úvalu na jižní Moravě.

##### 2. stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Skupina zahrnuje stanice Brno-Tuřany, Hradec Králové, Liberec, Lučina, Olomouc-Slavonín, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně a Valašské Meziříčí.

##### 3. stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Skupina je tvořena stanicemi Havlíčkův Brod, Cheb, Klatovy, Kralovice, Město Albrechtice-Žáry, Tábor, Třeboň a Velké Meziříčí.

##### 4. stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Jedná se o stanice Husinec, Kostelní Myslová a Ondřejov

##### 5. stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Do skupiny patří stanice Červená, Přimda a Svatouch

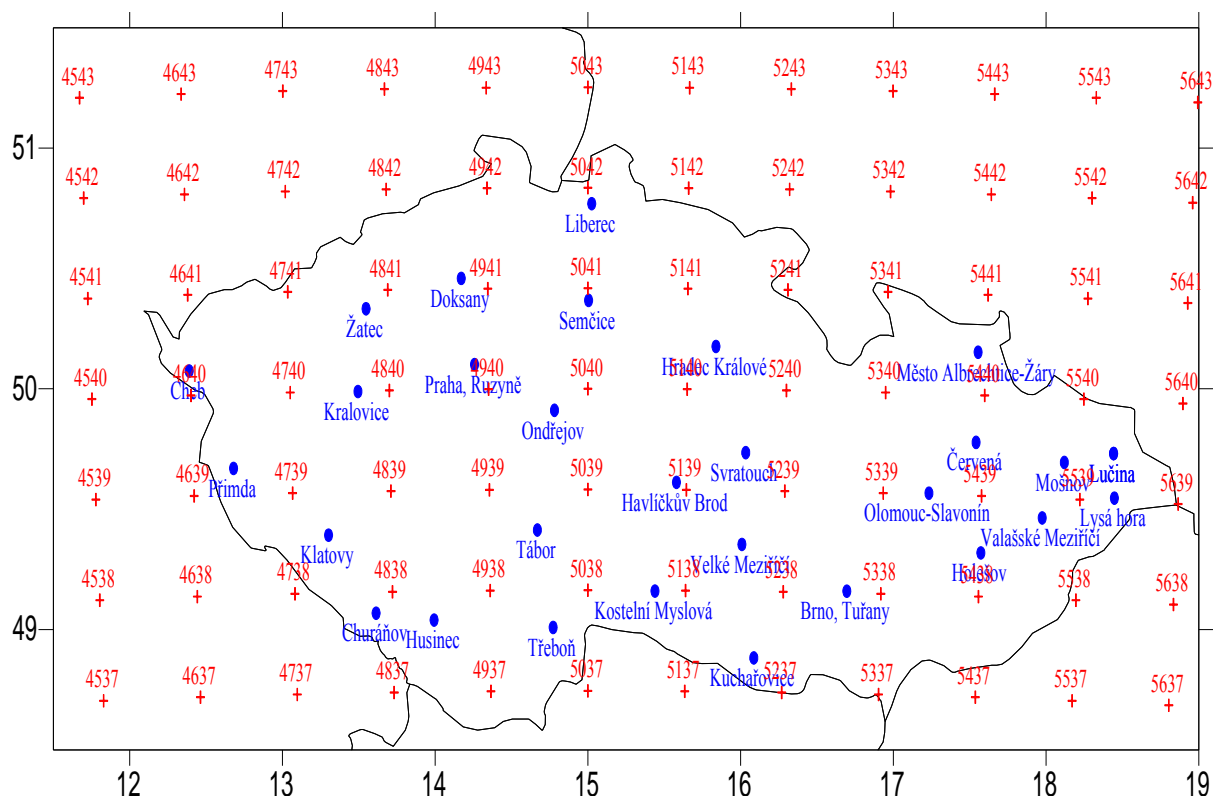
##### 6. horské stanice Churáňov (1118 m n.n.) a Lysá hora (1324 m n.m.)

Název stanice	Zeměpisná		Nadmořská výška
	Délka	Šířka	
Holešov	17,57	49,32	224
Brno, Tuřany	16,69	49,16	241
Kostelní Myslová	15,44	49,16	569
Kuchařovice	16,09	48,88	334
Velké Meziříčí	16,01	49,35	452
Husinec	13,99	49,04	536
Churáňov	13,61	49,07	1118
Tábor	14,67	49,41	449
Třeboň	14,77	49,01	429
Ústí nad Orlicí	16,43	49,98	402
Hradec Králové	15,84	50,17	278
Svatouch	16,03	49,73	737
Klatovy	13,30	49,39	430
Kralovice	13,49	49,99	468
Přimda	12,67	49,67	742

Název stanice	Zeměpisná		Nadmořská výška
	Délka	Šířka	
Cheb	12,39	50,07	471
Červená	17,54	49,77	750
Lučina	18,44	49,73	300
Lysá hora	18,44	49,54	1324
Mošnov	18,12	49,69	251
Město Albrechtice-Žáry	17,55	50,15	483
Olomouc-Slavonín	17,22	49,57	248
Valašské Meziříčí	17,97	49,46	334
Praha, Ruzyně	14,25	50,10	374
Semčice	15,00	50,37	234
Havlíčkův Brod	15,57	49,61	455
Ondřejov	14,78	49,90	506
Doksany	14,17	50,46	158
Žatec	13,54	50,33	201
Liberec	15,02	50,77	398

Tab.4.1: Seznam stanic, jejich zeměpisná délka a šířka, nadmořská výška.

Poloha některých stanic se v průběhu sledovaného období změnila. Jednalo se o stanice Praha-Ruzyně, jejíž nadmořská výška se zvýšila v průběhu období 1961-2000 o 10 m, Ondřejov, jehož nadmořská výška se zmenšila o 41 m, nadmořská výška Tábora se zvýšila o 24 m a Olomouce –Slavonína o 34 metrů. Poloha stanic je vyznačena na obr. 4.1. a jejich výčet uveden v tab. 4.1.



Obr. 4.1: Poloha stanic a uzlových bodů.

## 4.2 Regionální klimatické modely (RCM)

### Popis regionálních klimatických modelů (RCM), regionální model RegCM3

Počátky vývoje regionálních klimatických modelů spadají na přelom 80. a 90. let 20. století (Dickinson a kol., 1989; Giorgi, 1990). V současné době je k dispozici několik těchto modelů v hlavních centrech klimatického výzkumu – v USA, Kanadě, Austrálii, Japonsku, Velké Británii, Švýcarsku, Německu a skandinávských zemích (Halenka, 2004).

Regionální klimatické modely jsou většinou vyvíjeny buď z globálních klimatických modelů nebo z předpovědních modelů na omezené oblasti. Jejich výhodou ve srovnání s globálními klimatickými modely je větší prostorové rozlišení a tím lepší schopnost vyvíjet vlastní klimatologii v menších měřítkách a sledovat zpětné vazby, vyvolané např. lokální orografií, které globální model není schopen zachytit (Halenka, 2004). Okrajové podmínky RCM vycházejí z globálního klimatického modelu (tzv. řídicího modelu). První zmínky o předchozí verzi modelu RegCM3, RegCM2, se objevily na počátku 90. let v pracích Giorgi (1990) a Giorgi a kol. (1993a,b). Model byl vyvinut na bázi modelu MM4 v Národním centru pro výzkum atmosféry (NCAR) ve spolupráci s Pennsylvania State University v USA. Současná verze modelu má fyzikální parametrizace převzaty z MM5 (Grell a kol., 1991) a NCAR CCM2, s některými modifikacemi z v současnosti vyvíjeného NCAR CCM3.

### Výstupy modelu RegCM3

K porovnání výsledků získaných na základě dat na stanicích byla použita data z regionálního klimatického modelu RegCM3. Z výstupu modelu byly získány časové řady denních maximálních, minimálních a průměrných teplot a úhrny atmosférických srážek pro období 1961-2000 v 96 uzlových bodech (gridech) na území České republiky a jejím nejbližším okolí (viz obr. 4.1). Seznam uzlových bodů, jejich zeměpisná šířka a délka jsou uvedeny v Příloze A (tab. A.1). Důležitou roli při výběru hrála nejenom poloha vůči stanici (body v co nejmenší vzdálenosti od stanice), ale také nadmořská výška uzlového bodu. Ta vykazovala, vzhledem k modelové topografii s rozlišením 45 km, jisté odlišnosti od reality s tendencí potlačit výšky užších hřebenů některých našich pohraničních horkých pásem (viz Příloha A, obr. A.1). K vyhodnocení teplotních charakteristik z modelových dat a jejich porovnání s výsledky na stanicích bylo vybráno 5 klíčových uzlových bodů (4841-Žatec, 5042-Liberec, 5139-Havlíčkův Brod, 5237-Kuchařovice a 5539-Lysá hora). U dvou stanic (Kuchařovice a Havlíčkův Brod) se nadmořská výška modelové orografie nejbližšího bodu neliší o více než 5 metrů od nadmořské výšky stanice, uzlový bod u stanice Žatec má nadmořskou výšku o 200 m vyšší, bod 5639 u Lysé hory naopak o 760 m níže. Stanice Liberec leží o 80 m výše než uzlový bod. K porovnání srážkových charakteristik bylo vybráno celkem 16 uzlových bodů (viz tab. 4.2). Každá ze srážkových charakteristik pak byla vyhodnocena vždy v několika z těchto uzlových bodů (pro různé charakteristiky byly vybrány různé uzlové body a také jejich počet se lišil) a porovnána s výsledky na nejbližší stanici. Porovnání pro všech 16 uzlových bodů a 12 stanic bylo provedeno při určování schopnosti modelu zachytit nejvyšší denní úhrny srážek za desetiletí (viz 7.2).

Stanice	Uzlové body
Havlíčkův Brod (HB)	5139
Hradec Králové (HK)	5140, 5141, 5240, 5241
Cheb (CHB)	4640
Churáňov (CHUR)	4838
Kuchařovice (KUCH)	5237
Liberec (LB)	5042
Lysá hora (LH)	5539, 5639
Ostrava – Mošnov (MO)	5540
Praha – Ruzyně (PR)	4940
Semčice (SE)	5041
Valašské Meziříčí (VM)	5439
Žatec (Z)	4841

Tab. 4.2: Seznam 12 stanic a 16 uzlových bodů v jejich nejbližším okolí, ve kterých se porovnávaly zvolené charakteristiky (viz kapitola 7).

### 4.3 Metody výpočtu

V souladu se zadáním diplomové práce jsem pomocí programu STARDEX 3.2.6, stejnojmenného projektu Mezivládního panelu klimatické změny (Goodess, 2002-2005) napočítala 52 různých teplotních a srážkových charakteristik (viz Příloha B) na každé z vybraných stanic a uzlových bodů modelu RegCM3. Blíže jsem se zabývala těmi charakteristikami, o nichž jsem předpokládala, že citlivě reagují na změny klimatu. Určitým vodítkem pro výběr charakteristik se mi staly studie Klein Tank a kol. (2002) a Manton (1998) druhá. Nakonec jsem vyhodnotila 14 teplotních a 8 srážkových charakteristik. Jejich popis je uveden níže v části Definice použitých charakteristik.

U zvolených charakteristik, jsem se pokusila zjistit, jak se mění rozdělení dané charakteristiky, zda dochází k jeho posunutí při zachování tvaru, nebo zda se rozšiřuje či zužuje a mění se jeho tvar na dané stanici (uzlovém bodě) nebo v určité skupině stanic (uzlových bodů). Přitom jsem se zaměřila především na konce rozdělení charakteristik. Změny rozdělení jsem sledovala z hlediska polohy stanic v různých nadmořských výškách, případně jsem se snažila označit stanici v dané nadmořské výšce, která se chová odlišně od ostatních stanic v téže nadmořské výšce (výčet stanic v jednotlivých výškových patrech je uveden v části 4.1).

K vyhodnocení časových změn charakteristik jsem použila dva přístupy:

- 1) Sledovala jsem změny průměrných hodnot charakteristik v rámci jednotlivých desetiletí, což má význam pro některá odvětví činnosti člověka – vodohospodářství (délka srážkového a bezsrážkového období), zemědělství (délka vegetačního období a mrazové sezóny) atd.
- 2) Vyhodnotila jsem lineární trendy průměrných hodnot dané charakteristiky pro každou sezónu a rok a stanovila statistickou významnost na základě neparametrického testu s použitím Kendall-Tau koeficientu (viz část Popis dalších použitých metod).

Výsledky získané z denních časových řad na jednotlivých stanicích jsem pak porovnávala s výsledky získanými na základě analýzy denních časových řad regionálního klimatického modelu RegCM3 (viz 4.2).

### **Použité programy**

K výpočtu zvolených charakteristik jsem použila program STARDEX 3.2.6. Program byl vyvinut z programu ClimateIndices, vytvořeného v US National Data Centre (NCDC) Tomem Petersonem a Byronem Gleasonem v roce 1999. První verze obsahovala 20 klimatických charakteristik. Postupně pak byly přidávány další charakteristiky.

Zdrojový kód programu se skládá ze 3 částí: soubor `station_indices.f90` volá proceduru `extremes_indices` v souboru `indices.f90`, která počítá jednotlivé charakteristiky. Pro výstup a vstup dat je vložen soubor `indices.inc`. Vstupními hodnotami jsou denní časové řady, v našem případě minimální, maximální, průměrné teploty a srážkových úhrnů na dané stanici (v uzlovém bodě), ve tvaru:

```
zeměpisná šířka, zeměpisná délka stanice  
rok, měsíc, den, TMIN, TMAX, TPRUM, SRÁŽKY  
.  
.  
.  
rok, měsíc, den, TMIN, TMAX, TPRUM, SRÁŽKY
```

Pole jsou od sebe oddělena čárkou nebo mezerou. Názvy stanic, pro které se budou charakteristiky počítat, jsou uvedeny v souboru `station_list.dat`.

Parametry, které může uživatel měnit podle potřeby jsou `bm_minyr` (začátek sledovaného období), `bm_maxyr` (konec sledovaného období), `miss` (hodnota přiřazená chybícím datům v případě neúplných dat), `wd_cutoff` (denní minimální úhrn srážek pro klasifikaci srážkových dní), `DegDays_Tresh` (hraniční teplota pro výpočet délky vegetačního období) a konečně `minPercentileDays` (minimální počet dní, pro který program vypočítá kvantil).

Výstupní soubor má stejný název jako vstupní, jen s příponou `ind.csv` a obsahuje pro každý rok hodnotu všech charakteristik pro jednotlivé sezóny (DJF, MAM, JJA, SON) každého roku a roční průměrnou hodnotu (ANN) charakteristiky. Poslední dva řádky výstupu udávají směrnici lineárního trendu a statistickou významnost časového trendu určenou na základě neparametrického testu.



K dalším pomocným výpočtům byl použit program MS Excel 2000, pro výpočet statistické významnosti, tvorbu histogramů a určování změn tvaru rozdělení program Statistica 6.0. Na výpočet N-letých úhrnů srážek pak program autorů publikace WMO/TD-NO.386 (Faragó a Katz, 1990). K vytvoření map rozložení daných charakteristik byl použit program Surfer 7.0.

### **Charakteristiky programu STARDEX**

Na výstupu programu jsou hodnoty 52 charakteristik, z toho 19 charakteristik teploty vzduchu a 33 srážkových charakteristik. Jejich výčet a základní vlastnosti jsou uvedeny v Příloze B.

#### **Definice použitých charakteristik**

Z 52 charakteristik na výstupu programu STARDEX jsem vyhodnotila 22 charakteristik, které mohou citlivě reagovat na měnící se klima.

#### **Teplotní charakteristiky**

##### ***Průměrná denní amplituda teploty (DTR)***

Průměrná denní amplituda j-té sezóny se vypočítá jako:

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (TMAX_{ij} - TMIN_{ij})}{I}, \quad (1)$$

kde  $TMAX_{ij}$  je denní maximální teplota a  $TMIN_{ij}$  je denní minimální teplota i-tého dne v j-té sezóně a  $I$  je celkový počet dní v dané sezóně. Charakteristika je v programu označena jako  $Trange\_mean$ , v dalším textu bude označena jako DTR.

##### ***10% kvantil maximální teploty (10pTMAX)***

10% kvantil maximální teploty je hodnota maximální teploty, pro kterou platí, že nejméně 10 % hodnot souboru má hodnotu menší nebo rovno 10pTMAX a 90 % hodnot souboru je větších nebo rovno 10pTMAX.

##### ***90% kvantil maximální teploty (90pTMAX)***

90% kvantil maximální teploty je hodnota maximální teploty, pro kterou platí, že nejméně 90 % hodnot souboru má hodnotu menší nebo rovno 90pTMAX a 10 % hodnot souboru je větších nebo rovno 90pTMAX.

##### ***10% kvantil minimální teploty (10pTMIN)***

10% kvantil minimální teploty je hodnota minimální teploty, pro kterou platí, že nejméně 10 % hodnot souboru má hodnotu menší nebo rovno 10pTMIN a 90 % hodnot souboru je větších nebo rovno 10pTMIN.

##### ***90% kvantil minimální teploty (90pTMIN)***

90% kvantil minimální teploty je hodnota maximální teploty, pro kterou platí, že nejméně 90 % hodnot souboru má hodnotu menší nebo rovno 90pTMIN a 10 % hodnot souboru je větších nebo rovno 90pTMIN.

##### ***Maximální roční/sezónní amplituda teploty (EDTR)***

Maximální sezónní amplituda teploty je rozdíl nejvyšší hodnoty maximální teploty v j-té sezóně a nejnižší hodnoty minimální teploty v této sezóně.

$$EDTR_j = \max(TMAX_{ij}) - \min(TMIN_{ij}). \quad (2)$$

Podobně je definována maximální roční amplituda teploty. Charakteristika je v programu označena jako 141ETR, v dalším textu EDTR.

### ***Délka vegetačního období (GSL)***

Délka vegetačního období je definována jako počet dní mezi prvním výskytem situace, kdy je nepřetržitě po dobu nejméně 6 dní průměrná denní teplota větší než hodnota zadaná uživatelem a prvním výskytem situace, kdy je naopak nepřetržitě po dobu nejméně 6 dní průměrná denní teplota menší než tato zadaná hodnota (do počtu dní se počítají i všechny dny z těchto šestidenních situací). Za hodnotu zadanou uživatelem byly postupně zvoleny hodnoty 5, 10 a 15 °C. Období s průměrnými denními teplotami nad 5°C (10 °C) se označuje jako širší (užší) vegetační období a v České republice se nevyskytuje v nadmořských výškách nad 2200 m (1500-1700 m). Období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad 15 °C se označuje jako letní období, neboli období dozrávání zemědělských kultur. Vyskytuje se na stanicích s nadmořskou výškou do 800-900 m (Podnebí ČSSR, 1969). V programu je tato charakteristika označena jako 143GSL, v dalším textu jen GSL.

### ***Počet dní v horkých vlnách (HWDI)***

Horká vlna je definována jako souvislé období nejméně šesti dní, pro které platí:

$$TMAX_{ij} > T_{inorm} + 4, \quad (3)$$

kde  $TMAX_{ij}$  je denní maximální teplota  $i$ -tého dne a  $j$ -té sezóny a  $T_{inorm}$  je hlazená 40-letá maximální teplota, přiřazená každému dni. Hlazená řada se získá průměrováním denní maximální teploty přes 5 za sebou jdoucích dní, hodnota je přiřazena třetímu (prostřednímu) z nich (klouzavé průměry). Následně se počítá průměr pro daný den za celých 40 let. Konstanta 4 udává průměrnou směrodatnou odchylku 40-leté řady maximální teploty (jedná se o roční průměr). Počet dní v horké vlně udává celkový počet dní v dané sezóně, které splňují výše uvedené podmínky, ať už se jedná o jednu souvislou horkou vlnu, nebo o více navzájem izolovaných vln. O horkých vlnách hovoříme v létě, v ostatních sezónách roku budou tato období označována jako teplé vlny. Charakteristika je v programu označena jako 144HWDI, dále jen HWDI. Výše uvedená definice horkých vln se liší od definice uvedené v Kyselý a kol. (2000). Podle Kyselý a kol. (2000) je horká vlna definována jako souvislé období, které splňuje 3 podmínky:

- 1) alespoň ve 3 dnech maximální denní teplota  $TMAX$  větší nebo rovna 30,0 °C
- 2) průměrná  $TMAX$  za celé období je větší nebo rovna 30,0 °C
- 3)  $TMAX$  v všech dnech je větší nebo rovna 25,0 °C.

### ***Počet dní ve studených vlnách (CWDI)***

Studená vlna je souvislé období nejméně šesti dní, pro které platí:

$$TMIN_{ij} < T_{inorm} - 4, \quad (4)$$

kde  $TMIN_{ij}$  je denní minimální teplota  $i$ -tého dne v  $j$ -té sezóně.  $T_{inorm}$  je hlazená 40-letá minimální teplota přiřazená každému dni. Hlazená řada se získá průměrováním denní minimální teploty přes 5 za sebou jdoucích dní, která je přiřazena třetímu z nich (prostřednímu). Následně se spočítá průměr pro daný den za celých 40 let. Konstanta 4 udává přibližně průměrnou směrodatnou odchylku 40-leté řady minimální teploty (jedná se o roční průměr). O studených vlnách hovoříme v zimě, v ostatních sezónách bude použito označení chladné vlny. Charakteristika je v programu označena jako 145CWDI, dále jen CWDI.

### ***Délka mrazového období (DMS)***

Délka mrazové sezóny je definována jako počet dní mezi prvním a posledním výskytem situace  $TMIN_{ij} < 0$  °C, počítaný od července daného roku do června následujícího roku.  $TMIN_{ij}$  je denní minimální teplota  $i$ -tého dne v  $j$ -té sezóně. Charakteristika je v programu označena jako 147FSLO, v dalším textu jako DMS.

### ***Procento dní s denní maximální teplotou menší než 10% kvantil ( $PD_{TMAX} < 10p$ )***

Udává procento dní z celkového počtu dní v dané sezóně, pro které platí, že jejich denní maximální teplota je menší než hodnota 10% kvantilu denní maximální teploty, spočítaného ze 40-leté řady. Charakteristika je v programu označena jako 191Tx10.

**Procento dní s denní maximální teplotou větší než 90% kvantil ( $PD\_TMAX > 90p$ )**

Udává procento dní z celkového počtu dní v dané sezóně, pro které platí, že jejich denní maximální teplota je větší než hodnota 90% kvantilu denní maximální teploty, spočítaného ze 40-leté řady. Charakteristika je v programu označena jako 192Tx90.

**Procento dní s denní minimální teplotou menší než 10% kvantil ( $PD\_TMIN < 10p$ )**

Udává procento dní z celkového počtu dní v dané sezóně, pro které platí, že jejich denní minimální teplota je menší než hodnota 10% kvantilu denní maximální teploty, spočítaného ze 40-leté řady. Charakteristika je v programu označena jako 193Tn10.

**Procento dní s denní minimální teplotou větší než 90% kvantil ( $PD\_TMIN > 90p$ )**

Udává procento dní z celkového počtu dní v dané sezóně, pro které platí, že jejich denní minimální teplota je větší než hodnota 90% kvantilu denní maximální teploty, spočítaného ze 40-leté řady. Charakteristika je v programu označena jako 194Tn90.

**Srážkové charakteristiky**

Za *srážkový den* je považován den se srážkovým úhrnem větším než 0,1 mm a *bezesrážkový den* je den se srážkovým úhrnem menším nebo rovným než 0,1 mm.

**90% kvantil denního úhrnu srážkového dne ( $R_{0,90}$ )**

Charakteristika udává hodnotu denního srážkového úhrnu dané sezóny, pro kterou platí, že nejméně 90 % dní má hodnotu srážkového úhrnu menší nebo rovnou  $R_{0,90}$  a 10 % dní dané sezóny větší nebo rovnou  $R_{0,90}$ . V programu je charakteristika označena jako PREC90p.

**95% kvantil denního úhrnu srážkového dne ( $R_{0,95}$ )**

Charakteristika udává hodnotu denního srážkového úhrnu dané sezóny, pro kterou platí že nejméně 95 % dní má hodnotu srážkového úhrnu menší nebo rovnou  $R_{0,95}$  a 5 % dní dané sezóny větší nebo rovnou  $R_{0,95}$ . V programu je charakteristika označena jako PREC95p.

**Podíl úhrnů srážek vyšších než 90% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období ( $FRAC90p$ )**

Je definován jako podíl celkového úhrnu srážek dní, jejichž denní srážkový úhrn je vyšší než 90% kvantil j-té sezóny a celkového úhrnu srážek za tuto sezónu.

$$Frac90pj = \frac{\sum_{k=1}^q x_k}{\sum_{i=1}^m x_i}, \quad (5)$$

kde  $x_k$  je denní srážkový úhrn k-tého dne. Index k probíhá od 1 do q, kde q je počet dní se srážkovým úhrnem větším než 90% kvantil srážek v j-té sezóně a  $x_i$  je úhrn srážek i-tého dne, kde i probíhá od 1 do m, m je počet srážkových dní v j-té sezóně.

**Podíl úhrnů srážek vyšších než 95% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období ( $FRAC95p$ )**

Je definován jako podíl celkového úhrnu srážek dní, jejichž denní srážkový úhrn je vyšší než 95% kvantil j-té sezóny a celkového úhrnu srážek za tuto sezónu.

$$Frac95pj = \frac{\sum_{k=1}^p x_k}{\sum_{i=1}^m x_i}, \quad (6)$$

kde  $x_k$  je denní srážkový úhrn k-tého dne. Index k probíhá od 1 do p, kde p je počet dní se srážkovým úhrnem větším než 95% kvantil srážek v j-té sezóně a  $x_i$  je úhrn srážek i-tého dne, kde i probíhá od 1 do m, kde m je počet srážkových dní v j-té sezóně.

### ***Nejdelší srážkové období (NS1)***

Nejdelší srážkové období je definováno jako největší počet souvisle za sebou jdoucích dní, pro které platí, že jejich denní srážkový úhrn je větší než 0,1 mm. Charakteristika je v programu označena jako 642CWD, v dalším textu NS1.

### ***Nejdelší období beze srážek (NS2)***

Nejdelší období beze srážek je definováno jako největší počet souvisle za sebou jdoucích dní, pro které platí, že jejich denní srážkový úhrn je menší nebo roven než 0,1 mm. Charakteristika je v programu označena jako 641CDD, v dalším textu NS2.

### ***Průměrná délka srážkového období (PS1)***

Průměrná délka srážkového období  $j$ -té sezóny je dána jako:

$$PS1j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (7)$$

kde  $x_i$  je počet dní ve vybraném srážkovém období vyskytujícího se v  $j$ -té sezóně roku a  $n$  je počet všech těchto období v dané  $j$ -té sezóně. Charakteristika je v programu označena jako `wet_spell_mean`, dále PS1.

### ***Průměrná délka období beze srážek (PS2)***

Průměrná délka období beze srážek  $j$ -té sezóny je dána jako:

$$PS2j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (8)$$

kde  $x_i$  je počet dní ve vybraném období beze srážek vyskytujícího se v  $j$ -té sezóně  $j$  a  $n$  je počet všech těchto období v dané  $j$ -té sezóně. Charakteristika je v programu označena jako `dry_spell_mean`, dále PS2.

## **Další použité charakteristiky a postupy**

### **Lineární regresní model**

K vyjádření lineárního trendu klimatických charakteristik a závislosti desetiletých průměrů kvantilů teploty a srážek na nadmořské výšce byl použit lineární regresní model ve tvaru:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i, \quad (9)$$

kde  $i=1,2,\dots,n$ ,  $n$  je počet měření,  $\beta_0$  a  $\beta_1$  jsou regresní koeficienty a  $e_i$  náhodné odchylky. Regresní koeficienty byly odhadnuty metodou nejmenších čtverců, která dává dobré výsledky, pokud  $e_i$  jsou nezávislé, jejich střední hodnota  $M(e_i)=0$ , rozptyl  $D(e_i)=\sigma^2$  a mají normální rozdělení  $N(0, \sigma^2)$ .

### **Korelační koeficient**

Korelační koeficient je mírou závislosti dvou veličin. Může nabývat hodnoty v intervalu  $<-1,1>$ . Čím je jeho absolutní hodnota vyšší, tím větší je závislost mezi sledovanými znaky. Pro výpočet korelací staničních a modelových teplotních a srážkových charakteristik byl použit klasický Pearsonův korelační koeficient, daný vztahem:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (10)$$

Protože srážky nemají normální rozdělení a závislost obou řad nemusí být lineární, což je předpoklad pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu, byly pro ně vypočítány hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu  $\rho_{xy}$  podle vztahu

$$\rho_{xy} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (11)$$

$R_i$  ve vzorci označuje pořadí hodnot odchylek denních srážkových úhrnů od průměrů na stanici uspořádaných podle velikosti a  $Q_i$  totéž pro uzlové body (Hanousek a kol., 1992).

### **Kendall-Tau neparametrický test**

Při hodnocení statistické významnosti časového trendu jsme vzali v úvahu, že časové soubory zkoumaných charakteristik mají poměrně malý rozsah ( $n=40$ ) a je tudíž obtížné stanovit jejich statistická rozdělení. Proto byl k zjištění trendu a jeho významnosti použit neparametrický postup. Postup vychází z Kendall-Tau koeficientu korelace. Mějme dvojici pozorování  $(X_i, Y_i)$  a  $(X_j, Y_j)$ . Jestliže rozdíly  $X_j - X_i$  a  $Y_j - Y_i$  mají stejné znaménko, označujeme je jako souhlasné, v případě, že mají opačné znaménko, jako nesouhlasné. Označíme-li počet souhlasných dvojic  $D$  a počet nesouhlasných dvojic  $C$ , pak rozdíl  $S=C-D$  je mírou závislosti mezi  $X$  a  $Y$  a označuje se jako Kendallův parametr  $S$ . Je-li  $S$  kladné, je korelace mezi veličinami kladná a naopak. Interval hodnot, kterých může Kendallovo  $S$  nabývat, závisí na počtu pozorování  $n$ . Po provedení jednoduché standardizace dostaneme  $t = 2S/n(n-1)$ , kde  $t$  nabývá vždy hodnoty z intervalu  $\langle -1, 1 \rangle$ . Hodnota 1 znamená, že všech  $n(n-1)/2$  párů je souhlasných, hodnota  $-1$  znamená, že všech  $n(n-1)/2$  párů je nesouhlasných. Hodnota  $t$  je označována jako Kendallův klasifikační korelační koeficient tau. Pokud  $C$  je rovno počtu souhlasných párů mezi všemi  $n(n-1)/2$  páry, pak  $2C/n(n-1)$  je odhad pravděpodobnosti  $\pi_C$ , že dvě dvojice pozorování  $(X_i, Y_i)$  a  $(X_j, Y_j)$  jsou souhlasné. Podobně  $2D/n(n-1)$  je odhad pravděpodobnosti  $\pi_D$ , že tyto dvě dvojice jsou nesouhlasné. Z toho vyplývá, že  $t=2C/n(n-1)-2D/n(n-1)$  je odhad parametru  $\tau = \pi_C - \pi_D$ , kde  $\tau$  je Kendallův korelační koeficient mezi prvky  $X, Y$ . Pro  $n > 40$  je významnost Kendallova korelačního koeficientu  $\tau$  testována pomocí statistiky  $t_s$ , kde

$$t_s = \frac{\tau}{\sqrt{2(2n+5)/9n(n-1)}}, \quad (12)$$

které má Studentovo rozdělení, případně pomocí statistiky  $n_s$ , kde

$$n_s = 3\tau \frac{\sqrt{n(n-1)}}{\sqrt{2(2n+5)}}, \quad (13)$$

které má normální rozdělení. (Noether, 1986). Hladina významnosti je označována v dalším textu jako  $\alpha$ .

### **Mezikvartilové rozpětí a absolutní rozpětí**

Mezikvartilové rozpětí je definováno jako rozdíl mezi horním (75%) a dolním (25%) kvantilem. Absolutní rozpětí je rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou souboru.

### **Šikmost a špičatost**

Charakteristiky šikmosti udávají, zda jsou hodnoty kolem zvoleného středu rozloženy souměrně, nebo je-li rozdělení hodnot zešikmeno. Jednou ze základních charakteristik je kvantilový koeficient šikmosti  $S_p$ , který je definován jako:

$$S_p = \frac{(x_{100-p} - x_{50}) - (x_{50} - x_p)}{x_{100-p} - x_p}, \quad (14)$$

kde  $x_p$  je  $p\%$  kvantil a  $p < 50$ . Pokud je rozdělení symetrické, je hodnota  $S_p$  rovna nule, čím více se tato hodnota liší od nuly, tím je asymetrie rozdělení vyšší. Záporná (kladná) hodnota  $S_p$  udává, že rozdělení je záporně (kladně) zešikmeno.

Charakteristiky špičatosti udávají, jaký průběh má rozdělení hodnot kolem zvoleného středu rozdělení. Jednou charakteristik špičatosti je *kvantilový koeficient špičatosti*  $K_p$ , který je definován vztahem

$$K_p = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{x_{100-p} - x_p}, \quad (15)$$

kde  $x_p$  je  $p\%$  kvantil a  $p < 50$ .

### Výpočet N-letých srážek – periody opakování

Pro řadu praktických účelů (úprava vodních toků, režim přehrad, zabezpečení území před povodněmi, apod.) potřebujeme vědět, jak vysoké úhrny srážek lze v průměru očekávat 1-krát za 10, 20, 50 a 100 let. Tyto srážkové úhrny nazýváme N-letými srážkami. Odhady N-letých srážek jsou založeny na hledání asymptotických extrémálních rozdělení a odhadech parametrů těchto rozdělení.

Mějme  $m$  souborů denních hodnot určitého meteorologického prvku, každý soubor je pro určitý rok  $i$ ,  $i=1, 2, \dots, m$ . Z každého z těchto souborů vybereme největší hodnotu  $x(i)$ . Získáme tak nový soubor extrémních hodnot  $x(i)$  pro  $i=1, 2, \dots, m$ . Pro dostatečně velké množství roků a dostatečně velké množství hodnot v nich můžeme rozložení takto získaných maximálních hodnot popsat distribuční funkcí (Jenkinson, 1955; Reiss a Thomas, 2001):

$$F(y) = \exp(-(1-ky)^{1/k}), \quad y < 1/k, \quad (16)$$

kde místo původní veličiny  $x(i)$  je standardizovaná veličina  $y = (x(i) - u) / b$ . Parametr rozdělení  $k$  má v tomto případě význam parametru tvaru,  $u$  je parametr polohy a  $b$  parametr měřítka. V závislosti na různých hodnotách parametru  $k$  můžeme ze vzorce (16) získat speciální tvary rozdělení, přičemž pro meteorologické veličiny je významný případ pro  $k = 0$ , tzv. Gumbelovo rozdělení:

$$F(y) = \exp(-\exp(y)). \quad (17)$$

Bylo totiž dokázáno (Leadbetter et al., 1983), že maxima proměnných s normálním, lognormálním, exponenciálním, gama a Weibullovým rozdělením se asymptoticky blíží ke Gumbelovu rozdělení. Ze získaných odhadů hodnot parametrů asymptotických rozdělení můžeme pak vypočítat  $p\%$  kvantily rozdělení  $x_p$ :

$$x_p = b \frac{1 - (-\ln p)^k}{k} + u \quad \text{pro } k \neq 0,$$

$$x_p = b(1 - (-\ln p)) + u \quad \text{pro } k = 0.$$

Pro průměrnou dobu  $N$  mezi výskytem dvou mezních hodnot  $x_p$  nebo také dobu do prvního překročení  $x_p$  pak platí  $N=1/(1-p)$ . Kvantilům rozdělení  $p=0,90, 0,95, 0,98$  a  $0,99$  odpovídají tudíž příslušné N-leté hodnoty meteorologické veličiny.

K odhadům parametrů rozdělení  $u$ ,  $b$  a  $k$  můžeme použít následujících metod: metoda maximální věrohodnosti, metoda sextilů, metoda pravděpodobnosti vážených momentů (Jenkinson, 1969; Faragó a Katz, 1990). Ke stanovení parametrů Gumbelova rozdělení lze pak použít následující postupy, jejichž podrobnější popis lze najít např. v Faragó a Katz (1990) nebo Reiss a Thomas (2001): metoda empirických momentů, metoda empirických

standardizovaných momentů, dvouparametrová metoda vážených momentů, metoda kvantilů, Liebleinova metoda lineárního odhadu, dvouparametrová metoda maximální věrohodnosti.

### **Skill score**

Podobným způsobem jako jsou prováděny testy předpovědních modelů pomocí skills score koeficientů (Metelka, 2001, Kliegrová, 2003, Jolliffe I., T. Stephenson, D.B., 2003), lze také vyhodnotit úspěšnost modelu zachytit den s extrémním srážkovým úhrnem na stanici. Za den s extrémním srážkovým úhrnem je opět považován den, kdy denní srážkový úhrn přesáhl hodnotu  $R_{0,90}$ , vypočítanou za 40 let na dané stanici a v uzlovém bodě v její blízkosti. Vyhodnocování spočívá v porovnání případů, kdy se situace na stanici vyskytla a model ji zachytil (ANO-ANO), situace na stanici se vyskytla a model ji nezachytil (ANO-NE), situace se na stanici nevyskytla, ale vyskytla se u modelu (NE-ANO) a konečně, situace se nevyskytla ani na stanici ani v uzlovém bodě modelu (NE-NE). Počet těchto kombinací se zaznamená do tabulky (viz tab. 4.3), ze které se podle níže uvedených vzorců počítají koeficienty Hit Rate, False Alarm Rate, Heidke Score, Threat Score a Bias.

	model		
stanice	ANO	NE	součet
ANO	H	M	H+M
NE	FA	CR	FA+CR
součet	H+FA	M+CR	H+M+FA+CR

Tabulka 4.3: Označení počtu situací, ze kterých se počítají skill skóre.

i) Hit Rate, zkráceně HR

udává podíl úspěšných „předpovědí“, že jev nastane (počet případů *ano-ano*), na celkovém počtu případů, kdy extrémní srážky na stanici nastaly

$$HR = H / (H + M)$$

ii) False Alarm Rate, zkráceně FAR

udává podíl falešných poplachů (model dává vysoké srážky, ve skutečnosti nebyly, tedy situace *ne-ano*) na celkovém počtu případů, kdy jev nenastane (tj. v našem případě na stanici nebyly zaznamenány srážky vyšší než 90% kvantil)

$$FAR = FA / (FA + CR)$$

iii) Heidke Score, dále HEIDKE

vyhodnocuje tzv. přesnost modelu (skóre úspěšnosti), tedy podíl shodných situací *ano-ano* i *ne-ne* k celkovému počtu situací

$$HEIDKE = (H + CR) / (H + M + FA + CR)$$

iv) Threat score, zkráceně TS

používá se ve stejném smyslu jako Heidke Score, ale v případech, kdy kategorie *ano* se objevuje podstatně méně často než kategorie *ne*

$$TS = H / (H + M + FA)$$

v) Bias, zkráceně B

udává podíl počtu případů, kdy se v modelu vyskytly vysoké srážky ku počtu výskytu vysokých srážek na stanici. Hodnota větší než 1 znamená, že model dává jev častěji než je pozorován

$$B = (H + FA) / (H + M)$$

### **Kumulativní četnosti**

Pro 12 vybraných stanic ČR a 16 uzlových bodů modelu RegCM3, ležících v blízkosti stanic, vypočítány kumulativní četnosti hodnot srážkových úhrnů ležících ve stanovených intervalech

(viz 7.2). Výpočty byly provedeny zvlášť pro jednotlivé sezóny roku a čtyři desetiletí: I. desetiletí 1961-1970 (u zimy období 1961/62 - 1969/70), II. desetiletí 1971-1980 (zimy 1970/71-1979/80), III. desetiletí 1981-1990 (zimy 1980/81-1989/90), IV. desetiletí (1991-2000) (zimy 1990/91-1999/2000). Pro větší zřetelnost rozdílů v četnosti výskytu vyšších srážkových úhrnů, byly do grafů vyneseny hodnoty 100 – kumulativní četnost v %.



## Kapitola 5

# Změny teploty vzduchu na vybraných stanicích ČR

### 5.1 Průměrná denní amplituda teploty vzduchu (DTR)

#### Nížinné stanice

Průměrná denní amplituda teploty vzduchu na nížinných stanicích, kromě podzimu, v období 1961 – 2000 roste. Na podzim jsou lineární trendy DTR na všech nížinných stanicích záporné. Odlišné chování má v tomto ohledu stanice Žatec. Zatímco na ostatních stanicích jsou tedy trendy záporné jen na podzim, v Žatci jsou záporné také v zimě a v létě. Lineární trendy jsou na všech stanicích statisticky významné na jaře a na podzim. Na jaře a v létě, kromě Žatce, průměrné hodnoty DTR postupně rostou z desetiletí na desetiletí, v zimě a na podzim desetileté průměry kolísají s nejvyššími podzimními hodnotami v I. desetiletí a nejvyššími zimními v III. nebo IV. desetiletí. V Žatci zimní nejvyšší desetiletý průměr připadá na I. desetiletí. Největší růst DTR za sledované období je na jaře a v létě.

#### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Stanice v nadmořské výšce 250-400 m můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří stanice, které mají, kromě podzimu, lineární trendy DTR kladné, statisticky významné. Znaménka lineárních trendů jsou na podzim různá, trendy statisticky nevýznamné. Do této skupiny lze zařadit stanice Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Olomouc-Slavonín, Valašské Meziříčí a Liberec. Desetileté průměry DTR na těchto stanicích postupně rostou na jaře a v létě, v zimě postupně rostou, případně kolísají z desetiletí na desetiletí. Nejmenší desetileté průměry připadají na II. desetiletí, nejvyšší na III. nebo IV. desetiletí. Podzimní průměry nepravidelně kolísají. Druhá skupina je tvořena stanicemi Lučina a Praha-Ruzyně. Vyznačuje se zápornými lineárními trendy *nejen na podzim, ale i v zimě*, a kladnými na jaře a v létě. S výjimkou statisticky významného nárůstu DTR na jaře na stanici Lučina ( $\alpha = 0,006$ ), jsou trendy statisticky nevýznamné. Desetileté průměry DTR zpravidla kolísají z desetiletí na desetiletí, pouze v Lučině dochází na jaře k jejich postupnému růstu. Odlišná situace je na stanici Brno-Tuřany, kde jsou trendy na jaře, v létě i na podzim záporné, na podzim je trend statisticky významný ( $\alpha = 0,01$ ). Desetileté průměry na podzim postupně klesají, v ostatních sezónách kolísají nepravidelně z desetiletí na desetiletí.

#### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Podzimní lineární trendy DTR jsou na všech vybraných stanicích v této nadmořské výšce záporné. Na polovině stanic jsou lineární trendy záporné pouze na podzim, ostatní stanice se chovají zpravidla individuálně. Například ve Velkém Meziříčí jsou trendy záporné ve všech sezónách, v Kralovicích jsou záporné v zimě, v létě a na podzim. Lineární trendy DTR na podzim jsou na dvou výše uvedených stanicích statisticky významné. Desetileté průměry zpravidla kolísají z desetiletí na desetiletí, pouze na podzim dochází na polovině těchto stanic k postupnému poklesu z desetiletí na desetiletí. Nejvyšší hodnoty zpravidla připadají na I. desetiletí (na 5 stanicích) nebo na IV. desetiletí (3 stanice).

#### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Podobně jako na stanicích v menších nadmořských výškách, také na všech třech stanicích v nadmořské výšce 500-600 m dochází k růstu DTR ve všech sezónách, kromě podzimu. Lineární trendy jsou v zimě a na jaře vždy statisticky významné, v létě jen v Husinci.

Podzimní lineární trendy na jednotlivých stanicích nemají jednotné chování. V Kostelní Myslové a Husinci jsou záporné, v Kostelní Myslové je trend statisticky významný. V Ondřejově je podzimní trend, stejně jako v ostatních sezónách, kladný, není ale statisticky významný. Desetileté průměry DTR v zimě, na jaře a v létě zpravidla postupně rostou, na podzim nepravidelně kolísají (Ondřejov, Kostelní Myslová), případně stagnují po celé sledované období (Husinec).

### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Průměrná denní amplituda roste ve všech ročních obdobích, s výjimkou podzimu. Záporný lineární trend je na podzim statisticky významný jen na stanici Červená ( $\alpha = 0,01$ ). Zimní, jarní a letní trendy jsou statisticky významné na Svatouchu, na Přimdě pouze na jaře. Desetileté průměry DTR v zimě, na jaře a v létě zpravidla postupně rostou, na podzim kolísají s nejvyššími hodnotami zpravidla v I. desetiletí (6,3 °C). Více viz tab. 5.1.

období	léto			podzim		
	Přimda	Svatouch	Červená	Přimda	Svatouch	Červená
1961-1970	8,9	8,5	8,7	6,3	6,3	6,4
1971-1980	9,1	8,9	8,4	6	6,3	5,9
1981-1990	9,2	9	8,9	6,2	6,4	6,1
1991-2000	9,2	9,4	8,9	5,8	6,2	5,8
trend	↑	↑	↑	↓	↓	↓

Tab. 5.1: Průměrná denní amplituda teploty vzduchu (ve °C) pro jaro a podzim na stanicích Svatouch, Přimda a Červená.

### Horské stanice

Na Churáňově dochází ke zmenšování denní amplitudy teploty ve všech sezónách roku. Lysá hora zaznamenala pokles DTR na jaře a na podzim. Lineární trendy jsou statisticky významné na obou stanicích pouze podzim. Nejvyšší desetiletý průměr DTR ve všech sezónách, s výjimkou letní sezóny na Lysé hoře, připadá na I. desetiletí. Na Lysé hoře jsou desetileté průměry v létě nejvyšší ve IV. desetiletí. Celkově má Churáňov ve všech sezónách průměrné desetileté hodnoty DTR o 1-2 °C vyšší než Lysá hora.

**Shrnutí:** Průměrná denní amplituda teploty vzduchu v období 1961 – 2000 zpravidla rostla ve všech ročních obdobích, kromě podzimu. Lineární trendy v zimě, na jaře a v létě jsou zpravidla statisticky významné a nezávisí na nadmořské výšce stanice, výjimkou jsou v tomto ohledu horské stanice. Například na horské stanici Churáňov došlo k poklesu denní amplitudy ve všech sezónách. Podzimní záporný trend je na všech nížinných a horských stanicích statisticky významný, v nadmořské výšce 400-800 m přibližně na polovině stanic.

## 5.2 Maximální sezónní amplituda teploty vzduchu (MAT)

### Nížinné stanice

Lineární trendy MAT (rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší teplotou vzduchu naměřenou v dané sezóně, blíže viz 4.3) nejsou v období 1961 – 2000 statisticky významné. Na jaře a na podzim jsou zpravidla záporné, v zimě a v létě kladné. Hodnoty desetiletých průměrů MAT nepravidelně kolísají z desetiletí na desetiletí nebo dochází k jejich stagnaci v rámci některých dvou desetiletí. Nejvyšší průměry na podzim a na jaře připadají, kromě Holešova a Kuchařovic, na I. desetiletí, v zimě a v létě pak zpravidla na IV. desetiletí. Zimní a letní hodnoty MAT kolísají okolo hodnoty 30 °C, na jaře a na podzim jsou vyšší, cca 30-35 °C.

### **Stanice v nadmořské výšce 250-400 m**

Podobně jako na nížinných stanicích nejsou lineárních trendy MAT na všech stanicích statisticky významné. Pouze zimní trend v Liberci je statisticky významný ( $\alpha = 0,04$ ). Na jaře jsou trendy na všech vybraných stanicích, kromě Valašského Meziříčí, kladné. V ostatních sezónách se znaménka trendů střídají. Například Hradec Králové, Olomouc a Lučina mají kladné lineární trendy na jaře, v létě a v zimě, záporné na podzim. Desetileté průměry na všech stanicích buď stagnují, nebo se mění z desetiletí na desetiletí jen nevýrazně. Na jaře připadají nejvyšší hodnoty vždy na I. desetiletí, na podzim zpravidla na III. desetiletí (kromě Liberce), v zimě a v létě pak na III. nebo IV. desetiletí.

### **Stanice v nadmořské výšce 400-500 m**

Lineární trendy MAT nejsou na všech sledovaných stanicích v nadmořské výšce 400-500 m, podobně jako na stanicích v menších nadmořských výškách, statisticky významné. V zimě dochází na všech vybraných stanicích k růstu MAT, růst se zpravidla projevuje také v létě. Naopak k poklesu dochází na většině stanic na jaře a na podzim. Zimní desetileté průměry MAT zpravidla postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí, podzimní naopak během posledních tří desetiletí postupně klesají. Na jaře a v létě průměry DAT nepravidelně kolísají z desetiletí na desetiletí, největší maximální sezónní amplituda připadá na jaře na I. desetiletí, letní pak zpravidla na IV. desetiletí.

### **Stanice v nadmořské výšce 500-600 m**

Stanice v nadmořské výšce 500-600 m se chovají zpravidla individuálně. Maximální sezónní amplituda klesá na všech stanicích na jaře, trendy v ostatních sezónách jsou různé. Jarní desetileté průměry MAT kolísají z desetiletí na desetiletí s nejvyššími hodnotami v I. desetiletí. V létě dochází zpravidla ke stagnaci nebo růstu průměrů DAT v rámci několika desetiletí s nejvyššími průměry ve IV. desetiletí a na podzim desetileté průměry rostou v prvních třech desetiletích postupně (nejvyšší hodnoty v III. desetiletí), v posledním desetiletí jsou hodnoty desetiletých průměrů menší.

### **Stanice v nadmořské výšce 600-800 m**

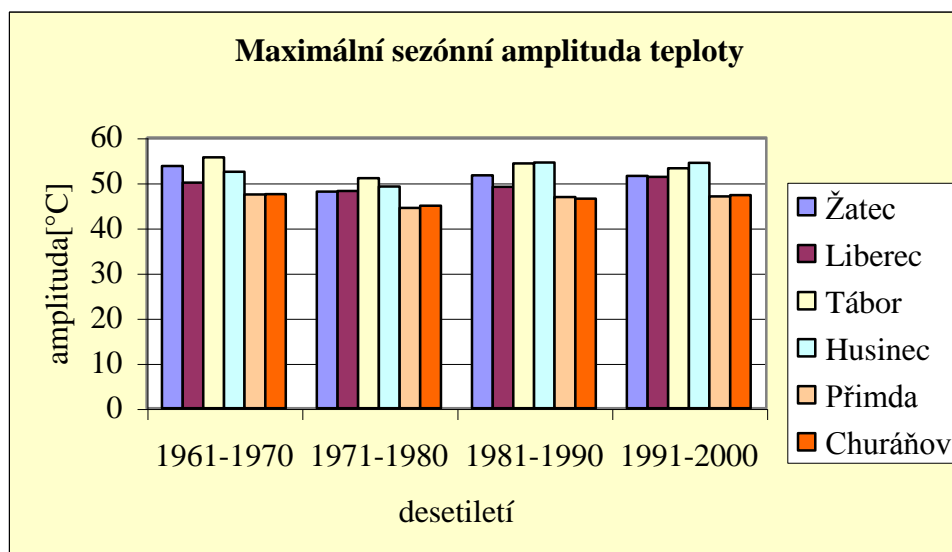
Lineární trendy MAT jsou na všech vybraných stanicích na jaře a na podzim záporné, statisticky nevýznamné. V létě a v zimě jsou pak kladné, zpravidla také statisticky nevýznamné. Zimní desetileté průměry MAT postupně rostou z desetiletí na desetiletí, jejich hodnoty jsou ve IV. desetiletí přibližně o 3 °C vyšší ve srovnání s I. desetiletím (nárůst z 23 na 26 °C na Červené a Svratouchu a z 25 na 28 °C na Přimdě). Na jaře a na podzim desetileté průměry buď rostou nebo nepravidelně kolísají. Nejvyšší desetileté průměry MAT na jaře připadají na I. desetiletí (cca 34 °C), na podzim zpravidla na II. desetiletí (cca 32 °C). Letní hodnoty desetiletých průměrů zpravidla stagnují nebo slabě kolísají okolo hodnoty 25 °C.

### **Horské stanice**

Na jaře a na podzim jsou lineární trendy MAT záporné, v zimě kladné na obou horských stanicích. Lineární trendy v těchto třech sezónách nejsou statisticky významné. V létě se stanice chovají individuálně, Churáňov má záporný trend, Lysá hora kladný. Také tyto trendy nejsou statisticky významné. Na jaře a na podzim desetileté průměry postupně klesají, v létě spíše stagnují, v zimě kolísají. Na Lysé hoře připadají nevyšší desetileté průměry na I. desetiletí ve všech sezónách, kromě zimy. Na Churáňově jsou nejvyšší v létě a na jaře v I. desetiletí, na podzim v III. a v zimě v IV. desetiletí. Stanice Churáňov má ve všech sezónách vyšší průměrné desetileté hodnoty MAT (o 2-5 °C) než Lysá hora.

***Shrnutí:*** Na téměř všech stanicích, nezávisle na tom, v jaké nadmořské výšce se nacházejí, jsou lineární trendy ve všech sezónách statisticky nevýznamné. Trendy jsou zpravidla na jaře a na podzim záporné, v zimě a v létě kladné. Růst průměrných hodnot MAT byl statisticky prokázán pouze v Liberci v zimní sezóně roku a na několika dalších stanicích

v nadmořské výšce 500-800 m v zimě a v létě. Charakter změn z desetiletí na desetiletí je na většině stanic individuální. V souhrnu tedy došlo v období 1961-2000 jen k nevýrazným změnám maximální roční amplitudy teploty na všech vybraných stanicích. Jarní a podzimní pokles, zimní a letní růst se na většině stanic nepodařilo statisticky prokázat.



Obr. 5.1: Srovnání desetiletých průměrů maximální sezónní amplitudy teploty pro vybrané stanice v odlišných nadmořských výškách.

### 5.3 Délka vegetačního a letního období

#### Nížinné stanice

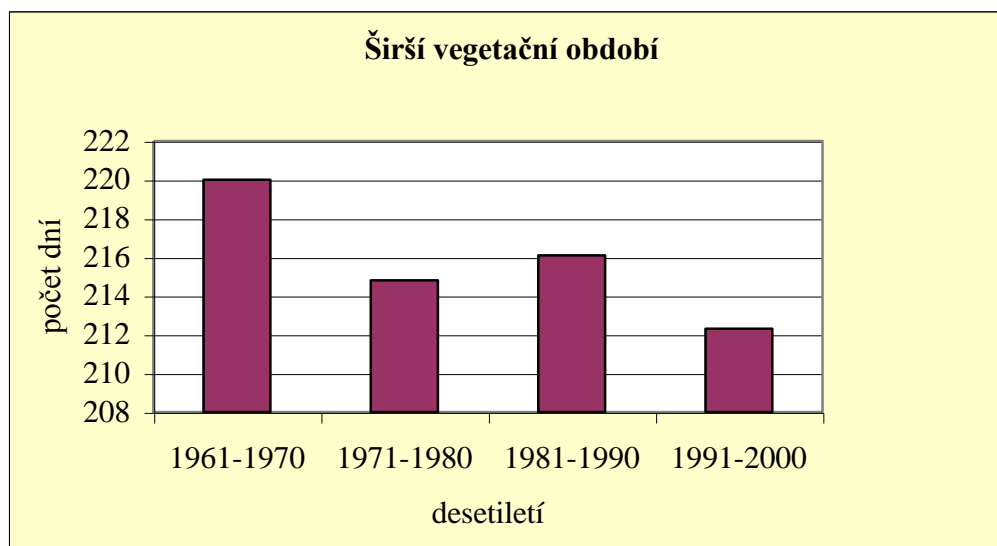
Prodlužování **širšího vegetačního období** se statisticky prokázalo pouze na stanici Žatec. Na ostatních nížinných stanicích, kromě Holešova, jsou lineární trendy kladné, ale statisticky nevýznamné. Také záporný trend v Holešově je statisticky nevýznamný. Změny z desetiletí na desetiletí nemají na těchto stanicích jednotný charakter. V Žatci a Doksanech dochází k postupnému zvyšování, v Holešově k postupnému poklesu desetiletých průměrů během celého sledovaného období (1961-2000). V Kuchařovicích a Semčicích desetileté průměry kolísají s nejvyššími hodnotami ve IV. (Kuchařovice, 240 dní) a III. desetiletí (Semčice, 239 dní). V Žatci došlo v průběhu sledovaného období k prodloužení širšího vegetačního období o 33 dní (porovnávala se velikost průměrů v I. a IV. desetiletí). Lineární trendy **užšího vegetačního období** nejsou na vybraných nížinných stanicích statisticky významné. Na stanicích Žatec, Doksany a Holešov jsou kladné, v Semčicích a Kuchařovicích záporné. První tři jmenované stanice mají navzájem podobný charakter změn z desetiletí na desetiletí. Nejkratší užší vegetační období na těchto stanicích připadá na II. desetiletí (desetileté průměry kolísají mezi 156-167 dní), od II. desetiletí se projevuje výrazný nárůst desetiletých průměrů a nejdelší užší vegetační období pak připadá zpravidla na IV. desetiletí (175-182 dní). V Kuchařovicích a Semčicích hodnoty desetiletých průměrů kolísají nepravidelně z desetiletí na desetiletí s nejvyššími desetiletými průměry v I. desetiletí. Lineární trendy **letního období** na všech vybraných nížinných stanicích, kromě Kuchařovic, rostou. Lineární trend je statisticky významný pouze v Žatci ( $\alpha = 0,01$ ). Charakter změn z desetiletí na desetiletí je na všech těchto stanicích podobný. V rámci prvních tří desetiletí zpravidla dochází k postupnému poklesu hodnot desetiletých průměrů, v posledním desetiletí se projevilo výrazné zvýšení průměrů. Například Holešov zaznamenal zvýšení desetiletého průměru z 99 dní ve III. desetiletí na 109 dní ve IV. desetiletí. Odlišně od ostatních nížinných stanic se chová Žatec, u něhož dochází k nevýraznému růstu desetiletých průměrů během prvních tří desetiletí a průměr ve IV. desetiletí je nižší.

### Stanice v nadmořské výšce 250-400 m

Na šesti z osmi vybraných stanic jsou lineární trendy **širšího vegetačního období** kladné, statisticky nevýznamné. Na stanicích Olomouc a Valašské Meziříčí došlo k statisticky nevýznamnému zkrácení délky širšího vegetačního období. Desetileté průměry v Olomouci postupně klesají po celé sledované období (v I. desetiletí 240 dní, v posledním 231 dní), ve Valašském Meziříčí se projevuje pokles od počátku 80. let (nejvyšší desetiletý průměr, 237 dní, připadá na II. desetiletí a nejnižší, 214 dní, na IV. desetiletí). Na ostatních stanicích hodnoty buď nepravidelně kolísají (Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně), nebo dochází k jejich postupnému růstu v rámci některých tří desetiletí. Na polovině stanic v nadmořské výšce 250-400 m jsou lineární trendy **užšího vegetačního období** kladné, jedná se především o stanice na Moravě. Změny jsou vždy statisticky nevýznamné. Nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí (180 dní Brno-Tuřany, 177 dní Hradec Králové, 164 dní Liberec). Jedinou výjimkou je stanice Ostrava-Mošnov, kde nejvyšší desetiletý průměr připadá na IV. desetiletí (171 dní). Lineární trendy **letního období** jsou na všech stanicích kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry na třech stanicích postupně rostou, na dvou stanicích postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí a na ostatních kolísají. Nejvyšší hodnoty na všech těchto stanicích připadají na poslední desetiletí. Zvýšení desetiletých průměrů v posledním desetiletí je nejvýraznější na stanicích na Moravě (Brno-Tuřany, Olomouc-Slavonín).

### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Na šesti z osmi vybraných stanic v této nadmořské výšce jsou lineární trendy **širšího vegetačního období** záporné, statisticky nevýznamné. Na dvou stanicích, v Kralovicích a v Klatovech, jsou lineární trendy kladné, také statisticky nevýznamné. Na polovině stanic připadá nejvyšší desetiletý průměr na III. desetiletí, na 3 stanicích na I. desetiletí (viz obr. 5.2).



Obr. 5.2: Charakter změn délky širšího vegetačního období z desetiletí na desetiletí na stanici Cheb.

Na šesti z osmi sledovaných stanic jsou lineární trendy **užšího vegetačního období** kladné, statisticky nevýznamné. Odlišně se trendy chovají na stanicích Klatovy a Cheb. Lineární trendy na těchto dvou stanicích jsou záporné, také statisticky nevýznamné. Desetileté průměry zpravidla kolísají. Nejnižší hodnoty připadají na všech těchto stanicích na II. desetiletí (desetiletý průměr kolísá mezi 140-149 dny). Nejvyšší desetileté průměry zpravidla připadají na I. desetiletí. (165 dní). **Letní období** má na všech vybraných stanicích kladný, statisticky nevýznamný lineární trend. Desetileté průměry buď postupně rostou (Klatovy, Kralovice,

Cheb) nebo mají střídavý charakter (Velké Meziříčí, Třeboň) a na ostatních stanic postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí (Tábor, Havlíčkův Brod, Město Albrechtice-Žáry). Nejvyšší desetileté průměry připadají na poslední desetiletí (cca 90 dní).

#### **Stanice v nadmořské výšce 500-600 m**

Lineární trendy *širšího vegetačního období*, jsou na všech třech stanicích v nadmořské výšce 500-600 m záporné, statisticky nevýznamné. Největší desetiletý průměr připadá na I. desetiletí, v dalších třech desetiletích dochází buď k postupnému poklesu (Ondřejov) nebo desetileté průměry kolísají. Nejkratší širší vegetační období (desetiletý průměr) připadá na poslední desetiletí. Zatímco hodnoty průměrů v I. desetiletí se pohybovaly mezi 217 dny (Kostelní Myslová) a 221 dny (Ondřejov), v posledním desetiletí jsou průměry o 3-4 dny menší v Kostelní Myslové a Ondřejově, v Husinci o 15 dní. Zkracování vegetačního období se nepodařilo statisticky prokázat. V Husinci a Ondřejově jsou lineární trendy *užšího vegetačního období* kladné, v Kostelní Myslové záporné. Lineární trendy nejsou na všech třech stanicích statisticky významné. Změny charakteru z desetiletí na desetiletí nejsou na všech stanicích stejné. Kostelní Myslová a Ondřejov mají nejvyšší desetiletý průměr v I. desetiletí, Husinec ve III. desetiletí. Nejmenší desetileté průměry připadají na II. desetiletí na všech stanicích. Desetiletý průměr v I. desetiletí má na jednotlivých stanicích hodnotu mezi 155 až 168 dny. *Letní období* se prodlužuje v Husinci, kde je kladný lineární trend statisticky významný ( $\alpha = 0,02$ ). V Ondřejově a Kostelní Myslové jsou lineární trendy také kladné, ale nejsou statisticky významné. Desetileté průměry v prvních třech desetiletích mírně rostou nebo stagnují, v posledním desetiletí jsou pak výrazně vyšší. Například v I. desetiletí má desetiletý průměr na stanici Husinec hodnotu 55,6 dne, v IV. desetiletí pak 80,9 dne.

#### **Stanice v nadmořské výšce 600-800 m**

Délka *širšího vegetačního období* má v období 1961-2000 na Svratouchu a Červené záporný, na Přimdě kladný lineární trend. Trendy na všech třech stanicích nejsou statisticky významné. Desetileté průměry na stanici Červená se chovají obdobně jako stanice v nadmořské výšce 500-600 m (např. jako Husinec). V I. desetiletí se objevuje výrazná nejvyšší hodnota desetiletého průměru (201 dní), průměr ve II. desetiletí je menší (193 dní) a v III. desetiletí opět vyšší (197 dní). V posledním desetiletí je desetiletý průměr opět menší (191 dní). Na Svratouchu připadá nejvyšší desetiletý průměr na I. desetiletí (205 dní), na Přimdě na poslední desetiletí (206 dní). Na všech třech stanicích jsou lineární trendy kladné, ale nárůst délky *širšího vegetačního období* nebyl statisticky prokázán. Nejvyšší hodnoty desetiletých průměrů připadají na III. desetiletí (např. 144 dní na stanici Červená). Nejkratší vegetační období bylo zaznamenáno v II. desetiletí (např. 126 dní, stanice Červená). Také růst délky *letního období* se nepodařilo statisticky prokázat. Desetileté průměry postupně rostou v rámci posledních třech desetiletí. Nejnížší desetileté průměry připadají na II. desetiletí (30 dní na Svratouchu a Červené, 15 dní na Přimdě), nejvyšší pak na poslední desetiletí (64 dní na Svratouchu, 70 dní na Přimdě, 55 dní na Červené).

#### **Horské stanice**

Lineární trendy *širšího vegetačního období* jsou na obou stanicích různé, na Churáňově jsou záporné, na Lysé hoře kladné. Trendy nejsou statisticky významné. Desetileté průměry na obou stanicích kolísají, nejvyšší připadají na Churáňově na I. desetiletí (180 dní) a na Lysé hoře na III. desetiletí (161 dní). Celkově má Lysá hora v každém z desetiletí přibližně o 15 dní menší desetiletý průměr (kratší vegetační období) než Churáňov. Na obou stanicích jsou lineární trendy *užšího vegetačního období* kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry postupně rostou z desetiletí na desetiletí. Nejvyšší desetiletý průměr připadá obou stanicích na poslední desetiletí (Churáňov 100 dní, Lysá hora 80 dní). *Letní období* se u stanic nad 800-900 m n.m. se nevyskytuje.

**Shrnutí:** Na většině nížinných stanic a stanic v nadmořské výšce 230-400 m jsou lineární trendy kladné, ale statisticky nevýznamné. Na stanicích ve vyšších nadmořských výškách (400-800 m) jsou pak trendy zpravidla záporné, pokles délky širšího vegetačního období ale nebyl statisticky významný. Také lineární trendy na horských stanicích neprokázaly jednoznačně prodlužování či zkracování délky tohoto období. Na Lysé hoře jsou kladné, na Churáňově záporné, na obou stanicích statisticky nevýznamné.

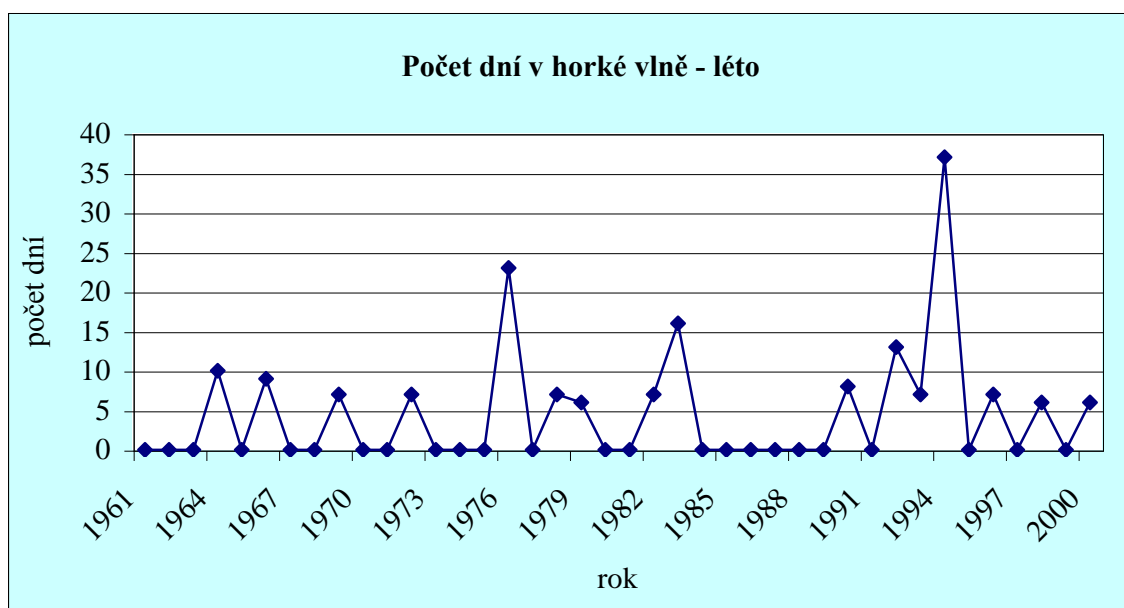
Podobně jako u širšího vegetačního období nebyl také růst délky užšího vegetačního období na všech vybraných stanicích statisticky významný. Na polovině stanic v nadmořské výšce do 400 m jsou lineární trendy kladné, v nadmořské výšce 400-500 m již počet stanic s kladným trendem převažuje a v nadmořských výškách nad 500 m je trend kladný vždy. Tedy s rostoucí nadmořskou výškou roste počet stanic s kladným lineárním trendem. Jak již bylo řečeno výše, trendy jsou na všech stanicích, bez ohledu na nadmořskou výšku, statisticky nevýznamné.

Růst délky letního období byl statisticky významný na dvou stanicích z 29. Jedná se o nížinnou stanicí Žatec a stanicí Husinec v nadmořské výšce 500-600 m. Na všech ostatních stanicích, jsou lineární trendy vždy statisticky nevýznamné, a kromě Kuchařovic (nížinná stanice), kladné.

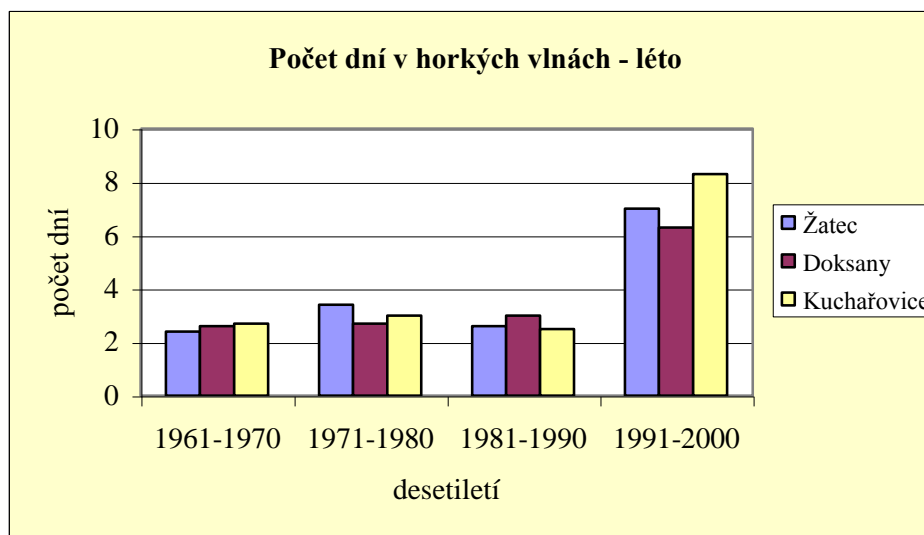
## 5.4 Počet dní v horkých / teplých vlnách (HWDI)

### Nížinné stanice

Lineární trendy počtu dní v horkých/teplých vlnách jsou zpravidla kladné na jaře, v létě a v zimě, na podzim jsou záporné. Tomuto pravidlu se vymyká se pouze Holešov, kde je trend záporný také na jaře. Trendy jsou statisticky významné v zimě na všech stanicích, v létě jen na stanici Holešov. Z hlediska ročních průměrů je růst počtu dní v horkých vlnách statisticky významný na všech stanicích. Výrazný růst počtu dní v horké vlně lze zaznamenat především v létě (nápadně vysoké hodnoty v letech 1976, 1983, 1992 a 1994, viz obr. 5.3) a také v zimě, zejména v posledním desetiletí 1991-2000. Podzimní a jarní desetileté průměry počtu dní v horkých vlnách zpravidla kolísají.



Obr. 5.3: Počet dní v horkých vlnách v průběhu 40 letních sezón na stanici Kuchařovice.



Obr. 5.4: Desetileté průměry počtu dní v horkých vlnách na třech vybraných nížinných stanicích.

#### Stanice v nadmořské výšce 250-400 m

Charakteristika HWDI se na těchto stanicích chová podobně jako na nížinných stanicích. Lineární trendy jsou v zimě a v létě vždy kladné, zpravidla statisticky významné. Na jaře jsou lineární trendy na většině stanic kladné, statisticky nevýznamné. Na podzim jsou na polovině stanic kladné a na polovině záporné, v obou případech statisticky nevýznamné. Podzimní nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí, zimní na III. Nejvyšší desetiletý průměr v létě připadá na poslední desetiletí.

#### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Na všech vybraných stanicích dochází k statisticky významnému růstu HWDI v zimě a v létě. Na jaře jsou trendy také kladné, ale statisticky nevýznamné. Trendy na podzim jsou záporné, zpravidla statisticky nevýznamné, výjimkou jsou stanice Velké Meziříčí a Havlíčkův Brod ( $\alpha = 0,04$ ). V zimě a v létě dochází na většině vybraných stanic k postupnému růstu průměrů z desetiletí na desetiletí. Jarní a podzimní desetileté průměry zpravidla kolísají, nejvyšší obvykle připadají na IV. desetiletí (jaro) a na I. nebo III. desetiletí (podzim). Desetiletý průměr na podzim ve IV. desetiletí je vždy menší než v III. desetiletí.

#### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Lineární trendy HWDI jsou na těchto stanicích kladné ve všech sezónách. Jedinou výjimkou je záporný, statisticky významný trend na podzim v Kostelní Myslové. Kladné lineární trendy jsou na všech stanicích statisticky významné v létě a v zimě. Desetileté průměry v zimě a v létě postupně rostou na všech stanicích, jarní kolísají s nejvyššími desetiletými průměry v IV. desetiletí (7-8 dní). Na podzim desetileté průměry na jednotlivých stanicích chovají individuálně.

#### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

V zimě a v létě dochází na všech třech stanicích v tomto výškovém patře k statisticky významnému růstu počtu dní v horkých/teplých vlnách. Lineární trend na jaře je také kladný, ale není statisticky významný. Na podzim dochází na všech třech stanicích k statisticky nevýznamnému poklesu počtu dní v horké vlně. Stejně jako u stanic v jiných nadmořských výškách, se projevuje také na Svatouchu, Přimdě a Červené výrazné zvýšení desetiletých průměrů HWDI v posledním desetiletí ve všech sezónách, kromě podzimu. Desetileté průměry v tomto desetiletí kolísají mezi 8-9 dny. Zimní desetileté průměry plynule rostou v průběhu celého sledovaného období, ostatní kolísají s nejvyššími desetiletými průměry



zpravidla v posledním desetiletí. Jedinou výjimkou je podzim, který má nejvyšší průměrné hodnoty v III. desetiletí. Nárůst v posledním desetiletí je nejvýraznější v létě (např. na Přimdě bylo zaznamenáno v létě roku 1992 celkem 13 dní v horkých vlnách).

### **Horské stanice**

Zimní a letní lineární trendy jsou kladné, v zimě statisticky významné na obou stanicích. Na jaře a na podzim jsou lineární trendy záporné, statisticky nevýznamné. V posledním desetiletí se projevuje velmi výrazné zvýšení desetiletých průměrů HWDI na obou horských stanicích ve všech sezónách, s výjimkou podzimu. V zimě desetileté průměry postupně rostou, v ostatních sezónách kolísají. Nejvyšší desetileté průměry na jaře připadají na II. , v létě na IV. a na podzim na III. desetiletí.

***Shrnutí:*** Z výše uvedeného je patrné, že lineární trendy jsou v zimě a v létě na stanicích ve všech výškových patrech kladné, zpravidla statisticky významné. Lineární trendy na jaře jsou kladné, statisticky nevýznamné. Na podzim jsou trendy, kromě některých stanic v nadmořské výšce 250-400 m a 500-600 m, záporné, vždy statisticky nevýznamné. Počet dní v horkých/teplých vlnách tedy roste (statisticky významně) v zimě a v létě v průběhu sledovaného období zpravidla na všech stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku. Desetileté průměry na většině z vybraných stanic v zimě a v létě postupně rostou, na podzim a na jaře zpravidla kolísají.

## **5.5 Počet dní ve studených / chladných vlnách (CWDI)**

### **Nížinné stanice**

Lineární trendy zpravidla ukazují statisticky významný pokles počtu dní ve studených příp. chladných vlnách. Lineární trendy jsou záporné ve všech ročních obdobích, kromě podzimu v Holešově a v Kuchařovicích. V Kuchařovicích je podzimní růst trendu statisticky významný. Na jaře a v létě jsou trendy také zpravidla statisticky významné (Doksany, Semčice, Žatec). Na všech stanicích, kromě Žatce, připadají nejvyšší zimní desetileté průměry na I. desetiletí. Ve II. desetiletí se průměr počtu dní ve studené vlně v zimě výrazně zmenšil. Podzim má v tomto desetiletí nejvyšší hodnotu desetiletého průměru za celé sledované období. V zimě roku 1963 se objevuje výrazně vyšší hodnota CWDI. Počet dní ve studené vlně se vyšplhal až k hranici 50 dní. Na jaře a v létě desetileté průměry CWDI kolísají, v některých desetiletích se studené/chladné vlny vůbec nevyskytly (např. 1991-2000).

### **Stanice v nadmořské výšce 250-400 m**

Lineární trendy jsou v zimě, na jaře a v létě na všech stanicích záporné. Výjimkou je Olomouc, kde je trend záporný pouze v zimě. Na podzim jsou trendy na všech vybraných stanicích kladné. Trendy ve všech sezónách nejsou zpravidla statisticky významné, pouze v Liberci je trend v létě statisticky významný ( $\alpha = 0,01$ ). Desetileté průměry CWDI jsou na stanicích Brno, Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Valašské Meziříčí, Liberec a Lučina v zimě nejvyšší v I. desetiletí, na podzim v II. desetiletí. Desetileté průměry na jaře a v létě kolísají, v některých desetiletích se studené/chladné vlny vůbec nevyskytují (např. 1991-2000 v Brně). Stanice Olomouc a Praha mají podobné chování desetiletých průměrů jako výše uvedené stanice, jen zimní nejvyšší desetiletý průměr je posunut na II. desetiletí.

### **Stanice v nadmořské výšce 400-500 m**

Stanice v nadmořské výšce 400-500 m se chovají podobně jako stanice v nadmořské výšce 250-400 m. Na většině stanic došlo ve všech sezónách k poklesu počtu dní ve studených/chladných vlnách, jen na podzim jsou na třech stanicích lineární trendy kladné. Záporný lineární trend na jaře a v létě je zpravidla statisticky významný, trendy v zimě a na podzim statisticky významné nejsou. Zimní sezóna má největší desetiletý průměr CWDI v I. desetiletí, podzimní ve II. desetiletí. Desetileté průměry na jaře a v létě kolísají,

v některých desetiletích se chladné vlny vůbec nevyskytují. Výjimku tvoří Velké Meziříčí, u něhož na jaře a v létě dochází k postupnému poklesu desetiletých průměrů CWDI během celého sledovaného období (1961-2000).

#### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

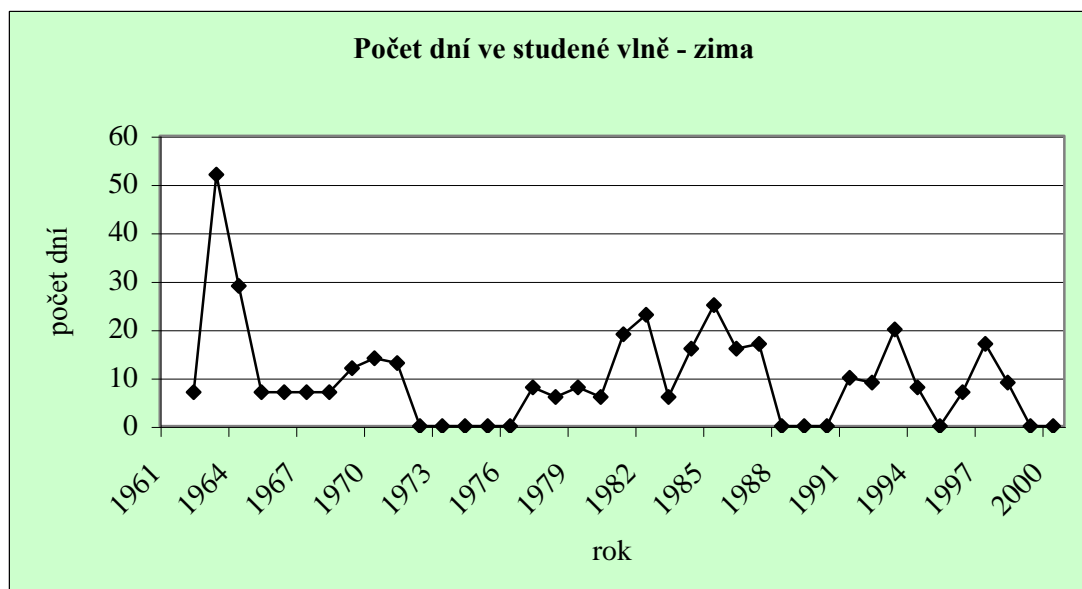
V zimě, na jaře a v létě dochází k poklesu počtu dní ve studených/chladných vlnách. V létě je tento pokles statisticky významný. Na podzim jsou trendy kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry v zimě kolísají nepravidelně z desetiletí na desetiletí, nejvyšší desetileté průměry CWDI připadají na I. desetiletí (14-15 dní), nejnižší pak na II. desetiletí (přibližně 4 dny). Na jaře, v létě a na podzim desetileté průměry CWDI také nepravidelně kolísají, v některých desetiletích se chladné vlny vůbec nevyskytují. Nejvyšší hodnoty desetiletých průměrů CWDI v posledních třech uvedených sezónách připadají na II. desetiletí, tento průměr (desetiletý) je výrazně vyšší než průměry v ostatních desetiletích.

#### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Ve všech ročních obdobích, zpravidla kromě podzimu, jsou lineární trendy CWDI záporné. Pokles není statisticky významný, naopak podzimní kladný trend je na jedné stanici (Červená) statisticky významný ( $\alpha = 0,03$ ). Zimní nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí (12-16 dní). Na podzim desetileté průměry kolísají z desetiletí na desetiletí s výrazně nejvyšším průměrem v II. desetiletí (8-11 dní). V ostatních sezónách desetileté průměry kolísají, v některých desetiletích se studené vlny vůbec nevyskytují.

#### Horské stanice

Lineární trendy jsou na Churáňově záporné, statisticky významné v zimě a v létě, kladné na jaře a záporné na podzim. Trendy na jaře a na podzim nejsou statisticky významné. Lineární trendy na Lysé hoře jsou v zimě a v létě záporné, statisticky nevýznamné. Na jaře a na podzim jsou pak kladné, statisticky nevýznamné. Zimní desetileté průměry ukazují na největší výskyt studených vln v I. desetiletí (15 dní), podzimní nejvyšší desetileté průměry připadají na II. desetiletí. Ostatní sezóny mají nejvyšší desetileté průměry buď v I. (Churáňov), nebo překvapivě v posledním desetiletí (např. na jaře na Lysé hoře).



Obr.5.5: Počet dní ve studené vlně v průběhu 40 let pro zimu na stanici Churáňov.

**Shrnutí:** Na většině stanic, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku, jsou lineární trendy počtu dní ve studených/chladných vlnách na jaře, v létě a v zimě záporné, na podzim kladné. Nejvýrazněji se pokles CWDI projevuje na nížinných stanicích, kde jsou záporné trendy na jaře a v létě na třech z pěti stanic statisticky významné. Na stanicích v nadmořské

*výšce 230-600 m jsou trendy zpravidla statisticky významné jen v létě. Na stanicích ve větších nadmořských výškách (nad 600 m) jsou trendy zpravidla statisticky nevýznamné (kromě kladných trendů v zimě a v létě na Churáňově). Nejvyšší desetileté průměry CWDI připadají v zimě na I. desetiletí, na podzim na II. desetiletí na všech stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku. Na jaře a v létě desetileté průměry nepravidelně kolísají, v některých desetiletích se chladné vlny vůbec nevyskytly.*

## **5.6 Délka mrazové sezóny (DMS)**

### **Nížinné stanice**

Lineární trendy DMS jsou na všech nížinných stanicích záporné, statisticky významné jen v Žatci ( $\alpha = 0,02$ ). Nejvyšší desetiletý průměr DMS připadá na všech stanicích na II. desetiletí, od té doby dochází k postupnému snižování hodnot desetiletých průměrů, v případě Holešova se jedná dokonce o 25-ti denní pokles ve IV. desetiletí oproti II. desetiletí. Délka mrazové sezóny se na většině nížinných stanic pohybuje mezi 205-210 dny ve II. desetiletí, kratší mají Kuchařovice (184,6 dne) a Žatec (194 dní).

### **Stanice v nadmořské výšce 250-400 m**

Lineární trendy jsou na všech vybraných stanicích záporné, statisticky nevýznamné, jen v Hradci Králové je trend statisticky významný ( $\alpha = 0,03$ ). Desetileté průměry DMS se chovají na stanicích podobně, odlišnosti se projevují pouze v posledním desetiletí. Nejdelší mrazová sezóna připadá na II. desetiletí (např. 203 dní v Hradci Králové a Ostravě-Mošnově, 205 dní v Lučině, 206 dní v Praze-Ruzyni, 210 dní ve Valašském Meziříčí, 223 dní v Liberci). Průměry v III. a IV. desetiletí postupně klesají na stanicích Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Olomouc, Praha-Ruzyně a Brno-Tuřany (např. Praha-Ruzyně z 206 dní ve III. na 182 dní ve IV. desetiletí). Na stanicích Valašské Meziříčí, Liberec a Lučina jsou desetileté průměry v IV. desetiletí vyšší než ve III. desetiletí (např. Lučina 191 dní ve III., 196 dní ve IV. desetiletí).

### **Stanice v nadmořské výšce 400-500 m**

Na všech vybraných stanicích je lineární trend záporný, na polovině z nich statisticky významný. Nejvyšší desetiletý průměr DMS připadá na všech stanicích na II. desetiletí. Ve III. a IV. desetiletí dochází zpravidla k postupnému poklesu hodnot desetiletých průměrů. V Kralovicích desetileté průměry ve III. a IV. desetiletí stagnovaly na 183 dnech. Nejvyšší desetiletý průměr (206 dní) připadá na této stanici na II. desetiletí.

### **Stanice v nadmořské výšce 500-600 m**

Délka mrazové sezóny se na všech třech stanicích zkracuje. Pokles je statisticky významný na stanici Kostelní Myslová. Na všech stanicích připadají nejvyšší desetileté průměry na II. desetiletí (např. 208 dní v Kostelní Myslové, 187 dní v Ondřejově). Pak desetileté průměry kolísají nebo postupně klesají (Kostelní Myslová, 183 dní ve IV. desetiletí).

### **Stanice v nadmořské výšce 600-800 m**

Lineární trendy DMS jsou na všech třech stanicích záporné. Trend je statisticky významný na stanici Červená ( $\alpha = 0,04$ ). Nejvyšší desetileté průměry DMS připadají na II. desetiletí (např. Svratouch 214 dní, Přimda 202 dní), poté dochází k jejich postupnému poklesu nebo stagnaci desetiletých průměrů.

## Horské stanice

Lineární trendy jsou na obou stanicích záporné, statisticky nevýznamné. Nejdelší mrazová sezóna (245 dní) se vyskytla na obou stanicích ve II. desetiletí, od té doby se desetileté průměry postupně zmenšují na Lysé hoře (na 228 dní v posledním desetiletí), na Churáňově kolísají.

***Shrnutí:*** Lineární trendy DMS jsou na stanicích ve všech výškových patrech záporné. Statisticky významné zkrácení délky mrazové sezóny se vyskytlo zpravidla na jedné stanici v každém výškovém patře, s výjimkou stanic v nadmořské výšce 400-500 m, kde je tento záporný lineární trend statisticky významný na polovině stanic. Nejdelší mrazová sezóna zpravidla připadá na II. desetiletí. Výše uvedené výsledky, týkající se délky mrazové sezóny, jsou v dobré shodě se závěry práce Květoňová (2000). Ve většině případů také platí, že pokud došlo v daném desetiletí k růstu délky mrazové sezóny, tak délka vegetační sezóny naopak klesla.

## 5.7 Kvantily denní maximální teploty vzduchu

Ze souboru hodnot denních maximálních teplot (TMAX) za období 1961-2000 byly spočteny pro všech 29 stanicích hodnoty 10% kvantilu maximální teploty (10pTMAX) a 90% kvantilu maximální teploty (90pTMAX) pro každou sezónu a rok, sledovaly se lineární trendy a testovala se jejich statistická významnost. Dále byly pro každou sezónu vypočteny desetileté průměry a sledovalo se jejich chování v období 1961-2000.

### 5.7.1 10% kvantil denní maximální teploty vzduchu (10pTMAX)

#### Nížinné stanice

Na jaře se průměrné hodnoty 10pTMAX zpravidla postupně zvyšují. Lineární trendy 10pTMAX nejsou statisticky významné. Růst hodnot z desetiletí na desetiletí je pravidelný. V létě jsou lineární trendy kladné, statisticky významné na stanicích Doksany ( $\alpha=0,006$ ) a Holešov ( $\alpha = 0,007$ ). V období 1961-1990 dochází spíše ke stagnaci desetiletých průměrů 10pTMAX a teprve až v posledním desetiletí dochází k jejich výraznému zvýšení. V zimě průměrné hodnoty 10pTMAX postupně rostou. Změny lineárních trendů však nejsou statisticky významné. Nejnižší hodnoty desetiletých průměrů se na nížinných stanicích zpravidla objevují v I. desetiletí, ve II. desetiletí pak desetiletý průměr nabývá nejvyšších hodnot. Na stanicích Semčice a Doksany připadají ale nejmenší desetileté průměry až na poslední desetiletí. Na podzim jsou znaménka lineárních trendů záporná. Trendy nejsou statisticky významné. Desetileté průměry 10pTMAX zpravidla postupně klesají od počátku 60. let. Odlišně se chovají pouze stanice Žatec a Semčice. Stanice Žatec postupný pokles průměrů vykazuje až od počátku 70. let. Semčice mají nejnižší desetiletý průměr ve II. desetiletí a nejvyšší v desetiletí následujícím.

#### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Lineární trendy jsou na všech 8 stanicích na jaře a v létě kladné. Na jaře nejsou statisticky významné, v létě se statistická významnost projevuje u stanic Brno-Tuřany ( $\alpha=0,04$ ), Olomouc ( $\alpha = 0,02$ ), Valašské Meziříčí ( $\alpha = 0,006$ ) a Ostrava-Mošnov ( $\alpha = 0,003$ ). Na jaře a v létě dochází k postupnému růstu desetiletých průměrů 10pTMAX na většině stanic. Pouze na stanicích Brno-Tuřany, Olomouc a Valašské Meziříčí se na jaře nevyskytují nejvyšší desetileté průměry v posledním desetiletí, ale ve III. V létě se vyskytují nejvyšší desetileté průměry v posledním desetiletí na všech stanicích. V zimě dochází k růstu průměrných hodnot 10pTMAX. Lineární trendy nejsou statisticky významné. Desetileté průměry 10pTMAX kolísají z desetiletí na desetiletí. Nejmenší připadají na I. desetiletí, nejvyšší

zpravidla na II. desetiletí (kromě Liberce). Znaménka lineárních trendů na podzim jsou záporná. Tedy průměrná hodnota 10pTMAX na podzim klesá, trend ale není statisticky významný. Stanice Hradec Králové, Valašské Meziříčí a Liberec mají nejvyšší podzimní desetileté průměry v I. desetiletí a nejnižší v následujícím. Na ostatních stanicích dochází na podzim k postupnému poklesu desetiletých průměrů, nejvyšší připadají na I. desetiletí a nejnižší na poslední desetiletí.

#### **Stanice v nadmořské výšce 400-500 m**

Na jaře a v létě se průměrné hodnoty 10pTMAX zpravidla zvyšují. Lineární trendy jsou na většině stanic statisticky významné. Na jaře je růst hodnot z desetiletí na desetiletí pravidelný, v létě je zvýšení hodnoty desetiletého průměru nejvýraznější ve IV. desetiletí. Podobně v zimě pozorujeme růst průměrných hodnot 10pTMAX na všech stanicích. Trendy jsou ovšem statisticky nevýznamné, jedinou výjimkou je Cheb ( $\alpha = 0,04$ ). Na většině stanic dochází k postupnému zvyšování desetiletých průměrných hodnot 10pTMAX. Výjimkou jsou stanice Klatovy, Kralovice a Cheb, na kterých jsou sice nejnižší hodnoty v I. desetiletí, ale nejvyšší nemusí být v posledním desetiletí. Záporné lineární trendy 10pTMAX na podzim nejsou statisticky významné. Desetileté průměry zpravidla postupně klesají.

#### **Stanice v nadmořské výšce 500-600 m**

Na jaře a v létě byl zaznamenán na všech třech stanicích kladný trend průměrných hodnot 10pTMAX. V Husinci je trend statisticky významný v obou sezónách, v Ondřejově a v Kostelní Myslové vždy pouze v jedné. Desetileté průměry na jaře i v létě pravidelně rostou od počátku 60. let. Také lineární trendy v zimě jsou kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry mají střídavý charakter, jsou vyšší ve II. a IV. desetiletí a menší v I. a ve III. desetiletí. Podzimní lineární trendy jsou záporné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry 10pTMAX v průběhu sledovaného období postupně klesají v Husinci. V Ondřejově a Kostelní Myslové střídavě kolísají, ale jejich nejvyšší hodnoty připadají, jako v Husinci, na I. a nejnižší na IV. desetiletí.

#### **Stanice v nadmořské výšce 600-800 m**

Na jaře a v létě je pro všechny stanice charakteristické postupné zvyšování desetiletých průměrů 10pTMAX od počátku 60. let. Lineární trendy jsou statisticky významné na jaře a v létě na stanici Přimda ( $\alpha=0,01$  a  $0,04$ ) a v létě na Svratouchu ( $\alpha = 0,047$ ). V zimě jsou lineární trendy na všech třech stanicích kladné, statisticky nevýznamné. Průměrné hodnoty se výrazně mění z desetiletí na desetiletí ve všech sezónách, kromě podzimu. Nejnižší desetileté průměry se vyskytují v I. desetiletí. Ve II. desetiletí se objevují vyšší hodnoty, popř. nejvyšší průměrné hodnoty, tyto jsou v následující dekádě opět nahrazeny hodnotami nižšími. Konečně, průměry za IV. desetiletí jsou vyšší oproti průměrům za desetiletí předchozí. Podzim vykazuje statisticky nevýznamný pokles 10pTMAX od počátku 60. let. Průměrné hodnoty jen slabě kolísají z desetiletí na desetiletí.

#### **Horské stanice**

Lineární trendy jsou na Churáňově na jaře, v létě a v zimě kladné, na podzim záporné. Ve všech sezónách nejsou trendy statisticky významné. Na jaře dochází od počátku 60. let k postupnému zvyšování průměrných desetiletých hodnot. V létě desetileté průměry kolísají, nejvyšší připadá na poslední desetiletí. V zimě a na podzim mají průměrné desetileté průměry střídavý charakter. Nejnižší zimní průměry připadají na I. desetiletí, v následujícím desetiletí jsou hodnoty nejvyšší. Nejvyšší podzimní hodnoty připadají na I., nejnižší pak na II. desetiletí. Také na Lysé hoře jsou lineární trendy kladné na jaře, v létě a v zimě a záporné na podzim. Oproti stanici Churáňov je rostoucí lineární trend 10pTMAX na Lysé hoře v létě statisticky významný. Průměrné desetileté hodnoty na jaře a v létě postupně rostou. V zimě mají desetileté průměry podobný průběh jako na Churáňově, na podzim jsou nejvyšší ve II. desetiletí a v rámci posledních dvou desetiletí stagnují.

***Shrnutí:*** Průměrné hodnoty 10pTMAX na jaře, v létě a v zimě rostou, na podzim klesají, bez ohledu na to, v jaké nadmořské výšce se daná stanice nachází. Lineární trendy jsou na jaře a v létě na stanicích v nadmořských výškách 400-800 m zpravidla statisticky významné. Stanice do 400 m a horské stanice mají oproti tomu na jaře trendy zpravidla statisticky nevýznamné. Na podzim a v zimě jsou na všech sledovaných stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku, trendy statisticky nevýznamné. Jedinou výjimkou je Cheb, kde je kladný lineární trend v zimě statisticky významný.

### 5.7.2 90% kvantil denní maximální teploty vzduchu (90pTMAX)

#### Nížinné stanice

Lineární trendy ukazují, že růst hodnot 90pTMAX není na jaře na většině stanic statisticky významný. Desetileté průměry přesto postupně rostou. Výjimkou jsou Kuchařovice s nejmenšími hodnotami desetiletého průměru ve II. desetiletí a nejvyššími desetiletými průměry v I. desetiletí a IV. desetiletí. V létě jsou znaménka lineárních trendů na všech nížinných stanicích kladná. Trendy nejsou statisticky významné. Na stanicích Semčice, Doksany a Žatec dochází k postupnému růstu desetiletých průměrů, který je nejvýraznější v posledním desetiletí. Na stanicích Kuchařovice a Holešov se v II. a III. desetiletí projevuje pokles desetiletých průměrů. Nejvyšší hodnoty se vyskytují v posledním desetiletí. V zimě jsou kladné lineární trendy na všech stanicích statisticky významné (např.  $\alpha = 0,002$  na stanicích Semčice a Žatec). Na většině stanic dochází také k postupnému zvyšování desetiletých průměrů 90pTMAX. Výjimku tvoří stanice Holešov, u níž nejvyšší desetiletý průměr připadá již na II. desetiletí. Nejnížší průměr je, jako u ostatních stanic, v I. desetiletí. Na podzim dochází na všech vybraných stanicích k poklesu průměrných hodnot 90pTMAX. Změny lineárních trendů nejsou statisticky významné. Na většině stanic podzimní desetileté průměry stagnují.

#### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

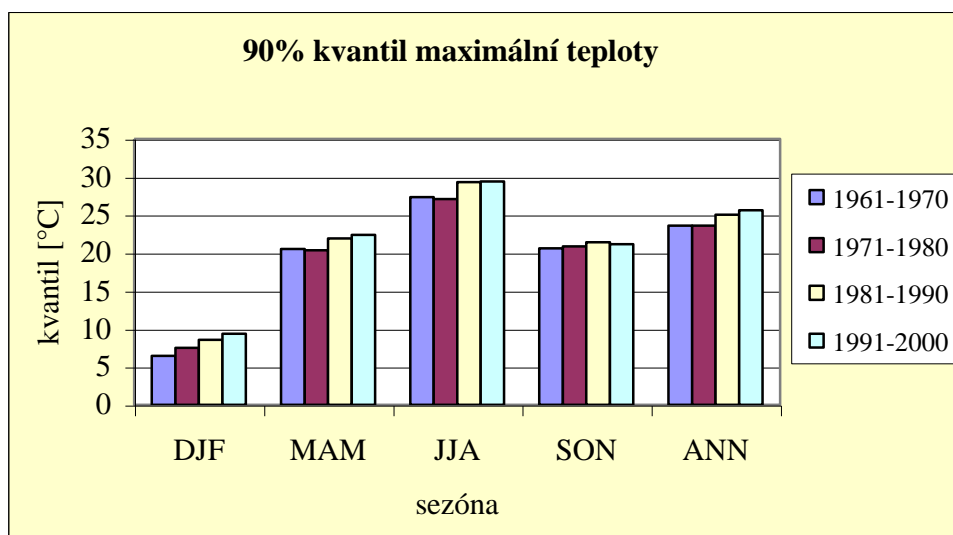
Na jaře a v létě dochází k růstu průměrné hodnoty 90pTMAX. Trendy hodnot 90% kvantilu jsou statisticky významné pouze na stanicích Valašské Meziříčí a Hradec Králové ( $\alpha$  nabývá hodnot mezi 0,01 až 0,02). V těchto sezónách se projevuje postupný nárůst desetiletých průměrů během posledních třech desetiletí, s nejnižšími desetiletými průměry ve II. desetiletí a nejvyššími v posledním. Také v zimě je lineární trend tohoto kvantilu kladný. Statistická významnost trendu byla zjištěna na stanicích Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně a Liberec. Desetileté průměry buď postupně rostou, jako je tomu na stanicích Hradec Králové, Ostrava-Mošnov, Praha-Ruzyně a Liberec, nebo se růst projevuje jen v prvních dvou desetiletích, ve III. jsou desetileté průměry nižší a v posledním desetiletí se vracejí na úroveň II. desetiletí. Podzimní lineární trendy jsou na všech vybraných stanicích záporné, statisticky nevýznamné. Nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí.

#### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Na jaře jsou lineární trendy 90pTMAX na všech 8 stanicích kladné, na 5 z nich statisticky významné. V létě lze taktéž na všech stanicích zaznamenat kladné lineární trendy, ale statistická významnost trendu nebyla nalezena na žádné z nich. V obou sezónách desetileté průměry postupně rostou. Nejvyšší se vyskytují v posledním desetiletí, nejnižší připadají na I. nebo III. desetiletí. Rostoucí trend 90% kvantilu je v zimě statisticky významný na všech stanicích ( $\alpha$  se pohybuje mezi hodnotami 0,0004 a 0,007). Desetileté průměry pravidelně rostou z desetiletí na desetiletí. Na podzim lze na všech vybraných stanicích pozorovat klesající trend průměrných hodnot 90% kvantilu, který není statisticky významný. Desetileté průměry zpravidla slabě kolísají, případně stagnují po celé sledované období.

## Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Na jaře, v létě a v zimě jsou lineární trendy na všech třech vybraných stanicích kladné. Tyto trendy jsou statisticky významné v zimě na všech stanicích, na stanicích Husinec a Ondřejov také na jaře a v létě. Např. Husinec má hodnotu  $\alpha$  na jaře 0,008 a v létě 0,005. Desetileté průměry v zimě postupně rostou, na jaře a v létě rostou postupně během posledních tří desetiletí. Nejvyšší desetileté průměry tedy vždy připadají na IV. desetiletí, nejnižší připadají na II. (jaro, léto) a I. desetiletí (zima). Lineární trendy jsou na podzim kladné v Husinci, v Ondřejově a Kostelní Myslové záporné. Na všech třech stanicích jsou změny trendů statisticky nevýznamné. Na podzim dochází ke stagnaci desetiletých průměrů (Ondřejov, Husinec), případně jejich nevýraznému poklesu (Kostelní Myslová).



Obr. 5.6: Hodnoty desetiletých průměrů 90% kvantilu maximální teploty na stanici Husinec.

## Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Lineární trendy jsou na jaře, v létě a v zimě kladné, zpravidla statisticky významné. Také průměry z desetiletí na desetiletí na většině stanic postupně rostou. Nejvyšší připadají na poslední desetiletí, nejnižší pak na II. (léto) nebo na I. desetiletí (jaro a zima). Na podzim dochází k poklesu průměrných hodnot 90pTMAX na všech třech stanicích. Lineární trendy nejsou statisticky významné. Podzimní desetileté průměry stagnují (Svratouch) nebo jen slabě kolísají (Přimda, Červená).

### Horské stanice

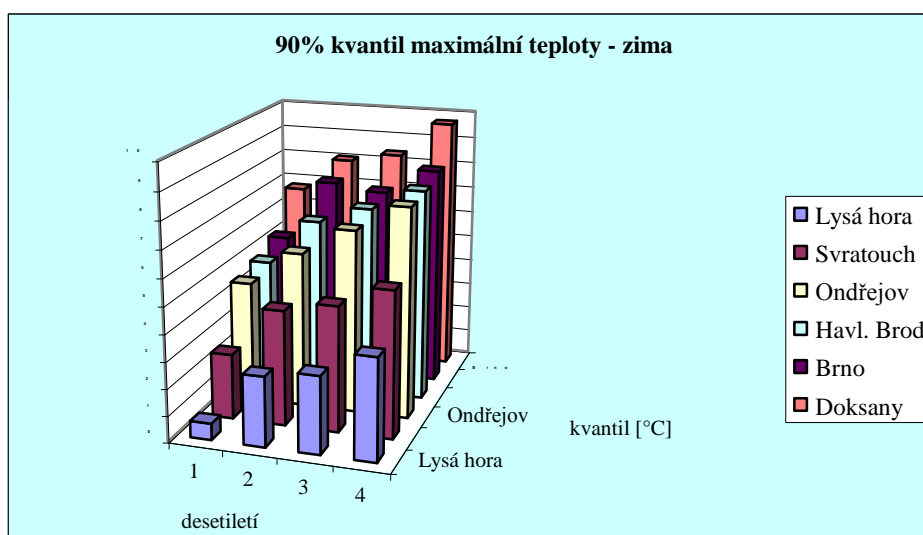
Na stanici Churáňov jsou lineární trendy 90pTMAX na jaře, v létě a v zimě, stejně jako u 10pTMAX, kladné, statisticky nevýznamné. Na podzim jsou záporné, také statisticky nevýznamné. Desetileté průměry na jaře a v létě postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí, nejvyšší připadají na IV. desetiletí. V zimě mají desetileté průměry podobný charakter změn z desetiletí na desetiletí jako u 10pTMAX, nejmenší jsou v I., nejvyšší ve II. desetiletí. Podzimní desetileté průměry nevýrazně kolísají s nejvyššími hodnotami v I. desetiletí. Také na Lysé hoře jsou lineární trendy kladné, kromě podzimu. Trendy jsou statisticky významné jen v zimě ( $\alpha=0,0005$ ). Jarní a letní desetileté průměry postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí. Zimní průměry postupně rostou a podzimní naopak klesají v průběhu celého sledovaného období (1961-2000).

**Shrnutí:** Průměrné hodnoty 90pTMAX rostou na jaře, v létě a v zimě, bez ohledu na nadmořskou výšku stanice. Trendy jsou v zimě statisticky významné na všech nížinných stanicích a na polovině stanic v nadmořské výšce 230-400 m. Na stanicích v nadmořské výšce 400-500 m jsou trendy statisticky významné na jaře a v zimě, na stanicích

v nadmořské výšce 500-800 m na jaře, v létě a v zimě. Na horských stanicích jsou lineární trendy v těchto třech sezónách statisticky nevýznamné, tedy nárůst 90pTMAX je nejvýraznější na stanicích do 800 m n.m., a to především v zimě. Záporný lineární trend na podzim není na všech stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku, statisticky významný.

stanice nadm. výška [m]	10% kvantil TMAX [°C]		90% kvantil TMAX [°C]	
	zima	léto	zima	léto
do 230	0 až -5	17 až 18	5 až 8	29 až 31
230-400	-2 až -5	17 až 18	5 až 8	28 až 30
400-500	-5	16 až 17	5 až 8	27 až 30
500-600	-6	15 až 17	4 až 7	27 až 28
600-800	-6 až -7	13 až 15	2 až 5	24 až 26
1118 (Churáňov)	-6 až -8	11 až 12	5 až 6	23 až 24
1324 (Lysá hora)	-7 až -11	8 až 11	1 až 4	21 až 23

Tab. 5.2: Desetileté průměrné hodnoty kvantilů denní maximální teploty vzduchu pro stanice v různé nadmořské výšce.



Obr.5.7: Průběh desetiletých průměrů 90% kvantilů maximální teploty v jednotlivých desetiletích v zimě pro vybrané stanice v dané nadmořské výšce.

#### Shrnutí poznatků o 10% a 90% kvantilech maximální teploty:

Z výše uvedených poznatků o změnách průměrných hodnotách 10pTMAX a 90pTMAX je patrné, že průměrné hodnoty 90pTMAX rostou na jaře, v létě v zimě v průběhu sledovaných 40 let zpravidla výrazněji, než průměrné hodnoty 10pTMAX. To plyne jednak ze statistické významnosti lineárních trendů 90pTMAX, a také ze změn průměrů z desetiletí na desetiletí, které u 90pTMAX rostou postupně z desetiletí na desetiletí, zatímco u 10pTMAX častěji kolísají. Nejvýraznější je nárůst 90pTMAX v zimě, kdy je trend statisticky významný na téměř všech stanicích, nezávisle na jejich nadmořské výšce.



## 5.8 Kvantily denní minimální teploty vzduchu

### 5.8.1 10% kvantil denní minimální teploty vzduchu (10pTMIN)

#### Nížinné stanice

Znaménka lineárních trendů na jaře ukazují, že dochází k postupnému zvyšování průměrné hodnoty 10pTMIN na všech nížinných stanicích. Lineární trendy jsou statisticky významné pouze v Žatci ( $\alpha = 0,02$ ). Desetileté průměry také zpravidla postupně rostou. Také v létě průměrné hodnoty 10pTMIN rostou. Lineární trendy jsou statisticky významné pouze v Žatci ( $\alpha = 0,02$ ). Desetileté průměry kolísají, nejvyšší se objevují v posledním desetiletí. V zimě jsou lineární trendy na všech vybraných stanicích kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry mají střídavý charakter, nejnížší připadají na I. desetiletí (1961-1970), nejvyšší na II. desetiletí. Na podzim dochází na vybraných stanicích, kromě Žatce, k poklesu průměrných hodnot 10% kvantilu. Lineární trendy nejsou statisticky významné. Na stanicích Semčice, Doksany a Kuchařovice se na podzim desetileté průměry postupně zmenšují. V Žatci a Doksanech mají desetileté průměry odlišný průběh.

#### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Na jaře a v létě se projevuje růst průměrných hodnot 10pTMIN. V těchto sezónách dochází k postupnému zvyšování desetiletých průměrů na stanicích Brno-Tuřany, Hradec Králové a Ostrava-Mošnov. Trendy nejsou zpravidla významné, jedinou výjimkou je stanice Brno-Tuřany, kde je letní trend statisticky významný ( $\alpha = 0,012$ ). Celkově nejvyšší hodnoty připadají v létě na poslední desetiletí. Na stanicích Lučina a Valašské Meziříčí se projevuje stagnace desetiletých průměrů v rámci prvních tří desetiletí a na stanicích Praha-Ruzyně, Liberec a Olomouc tyto průměry zpravidla kolísají. Nejvyšší desetileté průměry se nemusejí vyskytovat v posledním desetiletí. V zimě jsou lineární trendy kladné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry mají střídavý charakter. Nejnížší hodnoty zpravidla připadají na I. desetiletí, ve II. desetiletí nabývají nejvyšších hodnot. Znaménka lineárních trendů jsou na podzim záporná, tedy na všech vybraných stanicích se zmenšují průměrné hodnoty 10pTMIN, trendy jsou statisticky významné na třech stanicích (Ostrava-Mošnov, Lučina, Valašské Meziříčí) z osmi.

#### Stanice v namořské výšce 400-500 m

Na jaře a v létě mají lineární trendy 10pTMIN kladná znaménka a jsou zpravidla statisticky významné. Výjimkou mezi těmito osmi stanicemi je Tábor, u něhož je lineární trend v létě záporný, statisticky nevýznamný. Desetileté průměry zpravidla v těchto sezónách postupně rostou z desetiletí na desetiletí, odlišný průběh desetiletých průměrů lze najít pouze na stanicích v jižních Čechách, v Táboře a Třeboni. Znaménka trendů na podzim jsou kladná, trendy nejsou statisticky významné. Charakter změn z desetiletí na desetiletí je na všech stanicích podobný, nejnížší desetileté průměry připadají na I. desetiletí, nejvyšší zpravidla na II. desetiletí. Ve III. desetiletí jsou průměry opět nižší a v posledním desetiletí jsou nepatrně vyšší oproti III. desetiletí. Lineární trendy jsou na podzim na většině stanic záporné, statisticky nevýznamné. Na dvou stanicích, Havlíčkův Brod a Velké Meziříčí, jsou kladné, také statisticky nevýznamné. Desetileté průměry postupně klesají, nebo kolísají. Nejnížší podzimní desetiletý průměr připadá na většině stanic na poslední desetiletí. Výjimku tvoří stanice Třeboň (nejnížší průměry v letech III. desetiletí) a Havlíčkův Brod (II. desetiletí). Nejvyšší desetileté průměry se vyskytují v I. desetiletí shodně na všech stanicích.

### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Na jaře a v létě dochází k růstu průměrné hodnoty 10pTMIN. Lineární trend není statisticky významný. Desetileté průměry kolísají, jejich nejvyšší hodnoty připadají v obou sezónách na poslední desetiletí, nejnižší na I. desetiletí (jaro) a II. desetiletí (léto). V zimě jsou lineární trendy také kladné, statisticky nevýznamné. Změny desetiletých průměrů mají střídavý charakter. Nejnižší desetileté průměry se shodně objevují v I. desetiletí na všech třech stanicích a nejvyšší pak v II. desetiletí. Ve III. desetiletí jsou desetileté průměry opět nižší a v posledním desetiletí jsou vyšší, jejich hodnota se blíží téměř hodnotám ve II. desetiletí. Na podzim dochází na většině stanic k poklesu průměrné hodnoty 10% kvantilu. U lineárních trendů nebyla statistická významnost nalezena. Desetileté průměry postupně klesají na všech stanicích.

### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Na jaře a v létě je nárůst průměrné hodnoty 10pTMIN statisticky nevýznamný. Desetileté průměry zpravidla kolísají, nejnižší připadají na I. nebo II. desetiletí, nejvyšší na poslední desetiletí. Také v zimě jsou trendy kladné, statisticky nevýznamné. Průměrné hodnoty se výrazně mění z desetiletí na desetiletí. Nejnižší desetileté průměry připadají na I. desetiletí. Ve II. desetiletí se objevují vyšší hodnoty, popř. nejvyšší průměrné hodnoty, tyto jsou v následujícím desetiletí opět nahrazeny hodnotami nižšími. Průměry za IV. desetiletí jsou vyšší oproti průměrům za desetiletí předchozí. Na podzim dochází na dvou ze tří stanic k poklesu průměrných hodnot 10pTMIN, který není statisticky významný. Stejně tak desetileté průměry postupně svoji hodnotu zmenšují.

### Horské stanice

Z lineárních trendů na stanici Churáňov je zřejmé, že na jaře, v létě a v zimě se průměrné hodnoty 10pTMIN zvyšují, na podzim naopak dochází k jejich poklesu. Trendy nejsou v žádné sezóně statisticky významné. Průměrné desetileté hodnoty na jaře, v létě a v zimě postupně rostou z desetiletí na desetiletí, na podzim slabě kolísají. Nejvyšší podzimní průměrné desetileté hodnoty připadají na I. desetiletí a nejnižší pak na desetiletí následující. Na Lysé hoře se lineární trendy neliší od Churáňova. Průměrné desetileté hodnoty v létě postupně rostou, v ostatních sezónách kolísají. V na jaře a v zimě jsou desetileté průměry v I. desetiletí nejnižší, zatímco na podzim nejvyšší.

***Shrnutí: Na všech stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku, dochází na jaře, v létě a v zimě k růstu průměrných hodnot 10pTMIN. Změny trendů jsou v těchto sezónách statisticky významné na jaře a v létě jen na stanicích v nadmořské výšce 400-500 m, v zimě jsou statisticky nevýznamné na všech 29 stanicích. Na stanicích v jiné nadmořské výšce než 400-500 m nebyla na jaře a v létě statistická významnost trendů, až na výjimky (Žatec, Brno-Tuřany), nalezena. Na podzim na většině stanic dochází k statisticky nevýznamnému poklesu průměrných hodnot tohoto kvantilu, ale vždy lze nejméně na jedné stanici z každého výškového patra zaznamenat statisticky nevýznamný nárůst průměrných hodnot kvantilu.***

## 5.8.2 90% procentní kvantil minimální teploty(90pTMIN)

### Nížinné stanice

Na všech vybraných stanicích jsou lineární trendy ve všech sezónách kladné, na stanicích Kuchařovice a Holešov statisticky nevýznamné. V Žatci jsou lineární trendy statisticky významné v létě ( $\alpha = 0,0003$ ), v zimě ( $\alpha = 0,0009$ ) i na podzim ( $\alpha = 0,03$ ), Doksanech a Semčicích pak jen v létě. Desetileté průměry na jaře kolísají, nejvyšší připadají zpravidla na III. desetiletí. V létě na všech stanicích desetileté průměry postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí a totéž se dá říci i o podzimu. V zimě desetileté průměry kolísají, jen v Žatci

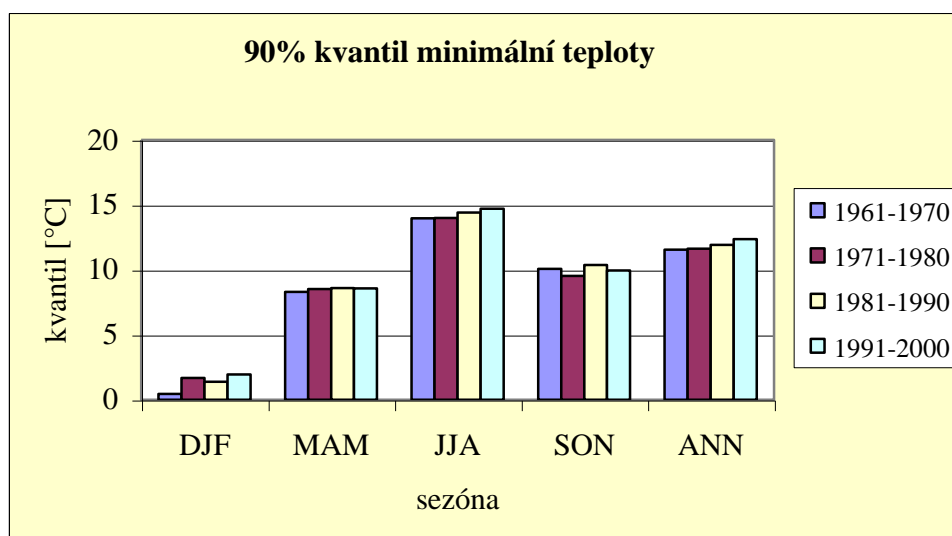
postupně rostou. Nejvyšší desetileté průměry připadají zpravidla na II. desetiletí, v Žatci na IV. desetiletí.

### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Na jaře jsou lineární trendy na všech stanicích kladné, statisticky významné pouze v Brně-Tuřanech ( $\alpha = 0,03$ ). Desetileté průměry se na jednotlivých stanicích chovají individuálně. V létě jsou lineární trendy na pěti stanicích kladné, na třech záporné, tedy růst průměrných hodnot 90p TMIN není již tak jednoznačný, jako tomu bylo u stanic v menší nadmořské výšce. Trendy nejsou statisticky významné. Na pěti stanicích s kladnými lineárními trendy desetileté průměry rostou postupně v rámci posledních tří desetiletí. V Olomouci, Liberci a Praze-Ruzyni, což jsou tři výše uvedené stanice se zápornými trendy, připadají nejvyšší desetileté průměry sice také na poslední desetiletí, ale v prvních třech desetiletích se projevuje výraznější postupný pokles. V zimě jsou znaménka lineárních trendů na všech vybraných stanicích kladná, statistická významnost trendu byla zjištěna jen v Brně-Tuřanech a Praze-Ruzyni ( $\alpha = 0,008$ ). Na polovině stanic dochází k postupnému růstu desetiletých průměrů. Na druhé polovině stanic připadají nejvyšší desetileté průměry na II. desetiletí. Nejnižší hodnoty desetiletých průměrů zůstávají v I. desetiletí. Na podzim průměrné hodnoty 90pTMIN rostou na šesti z osmi stanic (na dvou z nich jsou lineární trendy statisticky významné). V Liberci a Praze-Ruzyni naopak průměrné hodnoty klesají, trendy jsou statisticky nevýznamné. Desetileté průměry na podzim kolísají z desetiletí na desetiletí.

### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Lineární trendy na jaře a v létě jsou na všech osmi sledovaných stanicích kladné, na většině z nich statisticky významné. V těchto sezónách dochází tedy k významnému zvyšování průměrných hodnot 90pTMIN v tomto výškovém patře. Desetileté průměry postupně rostou alespoň v rámci posledních tří desetiletí. Na všech stanicích se v zimě projevuje nárůst průměrných hodnot 90pTMIN, na šesti z nich je trend statisticky významný. Desetileté průměry rostou postupně v prvních třech desetiletích (1961-1990), v posledním desetiletí (1991-2000) jsou zpravidla menší. Výjimkou jsou Kralovice a Klatovy, kde desetileté průměry postupně rostou po celých 40 let. Také na podzim průměrné hodnoty 90pTMIN rostou. Trend je statisticky významný na stanicích Velké Meziříčí ( $\alpha = 0,007$ ) a Havlíčkův Brod ( $\alpha = 0,02$ ). Desetileté průměry mají na polovině stanic střídavý charakter s nejvyššími hodnotami ve III. desetiletí, na druhé polovině stanic desetileté průměry rostou postupně od počátku 70.let.



Obr.5.8: Hodnoty desetiletých průměrů 90% kvantilu minimální teploty na stanici Cheb.

### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Na jaře a v létě dochází k růstu průměrné hodnoty 90pTMIN. Lineární trendy jsou statisticky významné v létě na stanici Husinec ( $\alpha = 0,02$ ). Desetileté průměry kolísají, nejnižší připadají na I. nebo II. desetiletí a nejvyšší zpravidla na poslední desetiletí. V zimě jsou lineární trendy kladné, statisticky významné na všech třech stanicích. Průběh desetiletých průměrů je na každé ze stanic individuální, nejvyšší hodnoty zpravidla připadají na poslední desetiletí. Na stanici Husinec a Kostelní Myslová jsou trendy 90% kvantilu na podzim kladné, v Ondřejově záporné. Lineární trendy nejsou ani na jedné ze tří stanic statisticky významné. Desetileté průměry v Husinci kolísají, nejnižší jsou v II. a nejvyšší v III. desetiletí. V Ondřejově a Kostelní Myslové desetileté průměry postupně rostou v rámci posledních tří desetiletí.

### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

V zimě, na jaře a v létě jsou lineární trendy na všech třech stanicích kladné. Trendy jsou statisticky významné v zimě a na jaře. V létě jsou trendy statisticky významné jen na stanici Červená ( $\alpha=0,0015$ ). Průměrné hodnoty zpravidla postupně rostou buď během celého sledovaného období 1961-2000 nebo alespoň v rámci tří posledních desetiletí. Lineární trendy na podzim nejsou statisticky významné, na Svatouchu a Přimdě jsou záporné a na Červené kladné. Podzimní průměry na většině stanic kolísají z desetiletí na desetiletí.

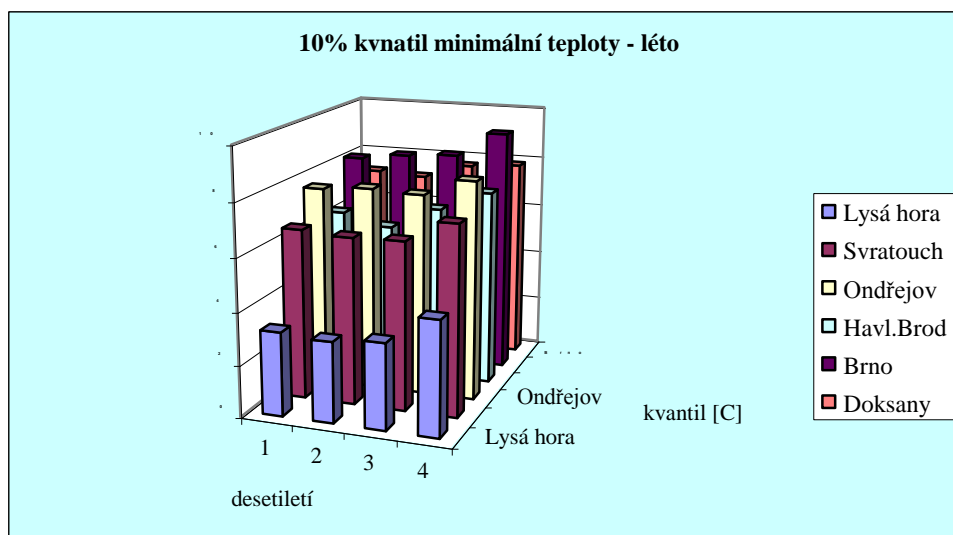
### Horské stanice

Kladné lineární trendy na stanici Churáňov ve všech sezónách ukazují na růst průměrné hodnoty 90pTMIN. Trendy jsou na jaře, v létě a v zimě statisticky významné. Také průměrné desetileté hodnoty v těchto třech sezónách postupně rostou, na podzim slabě kolísají. Nejvyšší podzimní desetileté průměry připadají, jako v ostatních sezónách, na I. desetiletí, nejnižší ale na desetiletí následující. Na Lysé hoře jsou znaménka lineárních trendů kladná na jaře, v létě a v zimě, trendy jsou statisticky významné v zimě ( $\alpha=0,006$ ) a v létě ( $\alpha=0,017$ ). Lineární trend na podzim je záporný, statisticky nevýznamný. Desetileté průměry v zimě postupně rostou po celé sledované období, na jaře, v létě a na podzim se také projevuje postupný nárůst, ale až od II. desetiletí (1971-1980).

***Shrnutí:*** Stanice v jednotlivých výškových patrech se chovají poněkud odlišně. Zatímco průměrné hodnoty 90pTMIN na nížinných stanicích a na stanicích v nadmořské výšce 400-500 m rostou ve všech sezónách (lineární trendy jsou statisticky významné zpravidla na jaře, v létě a v zimě), na stanicích v nadmořské výšce 230-400 m rostou jen v zimě a na jaře, na podzim na většině stanic klesají. V létě dochází na třech z osmi stanic také k jejich poklesu. Na stanicích v nadmořské výšce nad 500 m se růst průměrné hodnoty 90pTMIN projevuje na jaře, v létě a v zimě, na podzim se znaménka trendů střídají. Lineární trendy jsou statisticky významné na stanicích v 500-800 m n.m. v zimě, případně na jaře, na obou horských stanicích pak téměř vždy, kromě podzimu.

stanice	10% kvantil TMIN [°C]		90% kvantil TMIN [°C]	
	zima	léto	zima	léto
do 230	-16 až -8	7 až 8	1 až 3	15 až 16
230-400	-13 až -8	7 až 8	0 až 2	15 až 16
400-500	-15 až -10	5 až 7	0 až 2	13 až 16
500-600	-14 až -11	5 až 7	0 až 2	13 až 16
600-800	-14 až -11	5 až 6	0 až -2	13 až 15
1118 (Churáňov)	-14 až -11	4	-2 až 0	12 až 13
1324 (Lysá hora)	-16 až -12	3 až 4	-4 až -2	12 až 14

Tab. 5.3: Desetileté průměrné hodnoty kvantilů minimální teploty.



Obr. 5.9: Průběh desetiletých průměrů 10% kvantilů minimální teploty v jednotlivých desetiletích v létě pro vybrané stanice v dané nadmořské výšce.

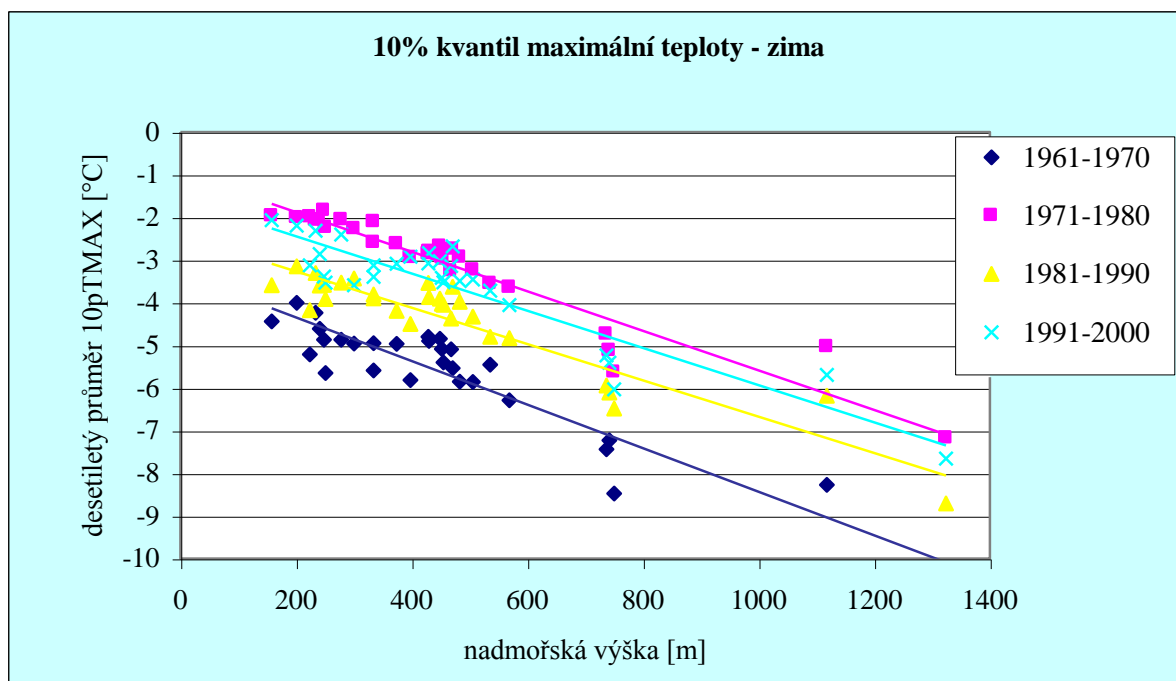
**Shrnutí poznatků o 10% a 90% kvantilech minimální teploty:**

Lineární trendy 90pTMIN jsou na stanicích v různých výškových patrech zpravidla odlišné. Zatímco průměrné hodnoty 10pTMIN na jaře, v létě a v zimě rostly, bez ohledu na nadmořskou výšku, a na podzim na většině z 29 vybraných stanic klesaly, lze u 90pTMIN říci v souhrnu pouze to, že průměrné hodnoty tohoto kvantilu rostly v zimě a na jaře nezávisle na nadmořské výšce, ve které stanice leží, v létě a na podzim se průměrné hodnoty 90pTMIN na stanicích v jednotlivých výškových patrech chovaly odlišně. Závěrem lze říci, že všechny čtyři kvantily na naprosté většině stanic rostly během sledovaného čtyřicetiletého období ve všech sezónách, zpravidla kromě podzimu. Tento rostoucí trend je více patrný u kvantilů maximální teploty než u kvantilů teploty minimální.

**5.9 Závislost kvantilů denní maximální teploty vzduchu na nadmořské výšce**

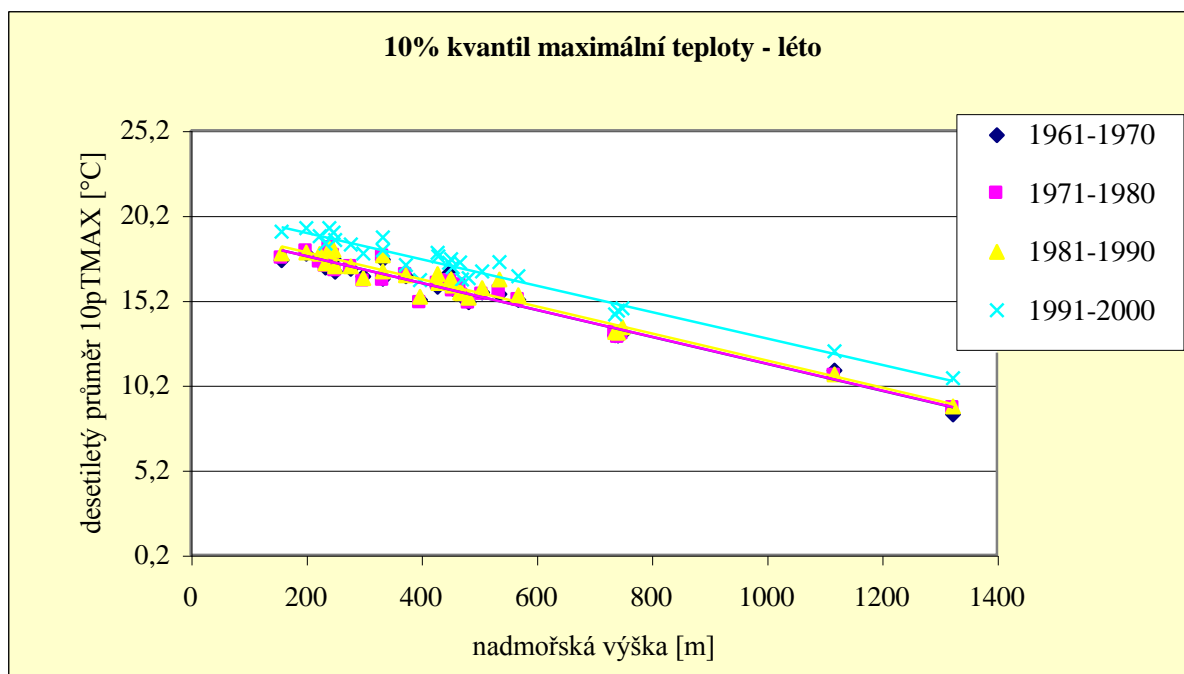
**Závislost 10% kvantilu maximální teploty zduchu (10pTMAX) na nadmořské výšce**

Ve všech ročních obdobích klesá průměrná hodnota 10pTMAX s nadmořskou výškou. Na stanicích s nadmořskou výškou do 600 m je pokles desetiletých průměrných hodnot s rostoucí nadmořskou výškou pravidelný, stanice v 600-800 m n.m. mají průměrné hodnoty v zimě poněkud nižší než by odpovídalo jejich nadmořské výšce na základě lineární závislosti (některé z těchto stanic mají hodnoty dokonce nižší než Churáňov, viz obr. 5.10). Tuto odchylku lze v zimě pozorovat ve všech desetiletích a lze ji vysvětlit na základě inverzí, které v zimě často vznikají. Zatímco stanice v menších nadmořských výškách (v závislosti na mohutnosti inverze) leží pod její dolní hranicí, na horských stanicích, které leží nad touto hranicí inverze jsou teploty zpravidla vyšší. Protože zpracovány byly pouze dvě horské stanice (Churáňov a Lysá hora), pravděpodobně jejich vyšší desetileté průměry v zimě ovlivnily směrnici trendu a stanice v nadmořské výšce 600-800 m se z tohoto pohledu staly studenějšími. V zimě připadají nejvyšší desetileté průměry na stanicích v dané nadmořské výšce na II. desetiletí, nižší hodnoty pak zpravidla na IV. desetiletí. Nejnížší hodnoty se v dané nadmořské výšce vyskytují v I., tedy chladné extrémy maximální teploty jsou v tomto desetiletí na všech stanicích nejvýraznější.



Obr. 5.10: Závislost 10% kvantilu maximální teploty vzduchu na nadmořské výšce v zimě.

Pro jaro je charakteristický postupný nárůst průměrných hodnot z desetiletí na desetiletí v dané nadmořské výšce. Nejnížší hodnoty 10% kvantilů tedy připadají na horské stanice v I. desetiletí, nejvyšší na stanice nížinné ve IV. desetiletí. Stanice ve všech nadmořských výškách mají v létě v I., II. a III. desetiletí přibližně stejné průměrné hodnoty kvantilů (přímky klesajících lineárních trendů se navzájem překrývají). V posledním desetiletí dochází k posunu průměrných hodnot 10% kvantilů směrem k vyšším hodnotám (viz obr. 5.11).

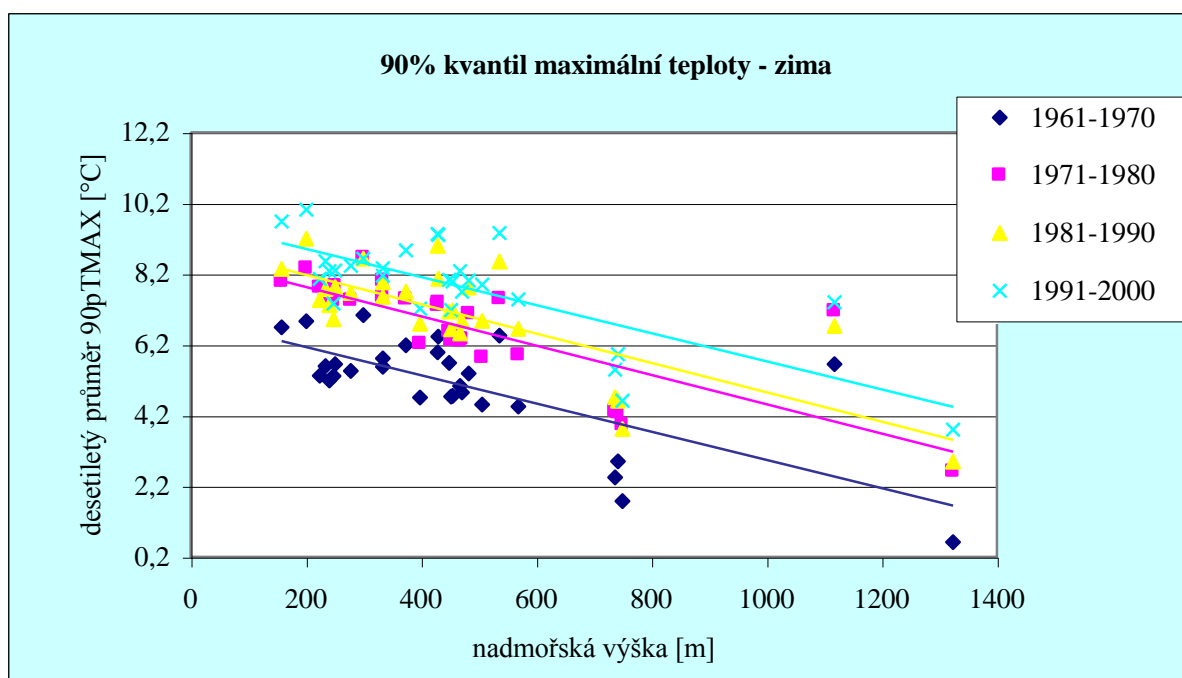


Obr. 5.11: Závislost 10% kvantilu maximální teploty vzduchu na nadmořské výšce v létě.

Na podzim připadají nejvyšší desetileté průměry v dané nadmořské výšce na I. desetiletí, druhé nejvyšší na III. desetiletí. Průměry 10% kvantilů ve II. a IV. desetiletí mají v dané nadmořské výšce přibližně stejné hodnoty. Pokles desetiletých průměrných hodnot 10% kvantilů s rostoucí nadmořskou výškou je však ve II. desetiletí výraznější.

### Závislost 90% kvantilu maximální teploty vzduchu (90pTMAX) na nadmořské výšce

Závislost průměrných desetiletých hodnot 90pTMAX na nadmořské výšce lze také vyjádřit lineárním regresním modelem. Podobně jako u 10pTMAX dochází k poklesu průměrné hodnoty 90pTMAX s rostoucí nadmořskou výškou, pokles již není tak pravidelný jako u 10% kvantilů. Pokles průměrných hodnot kvantilů s nadmořskou výškou je na jaře a v létě pravidelný, žádné stanice nevykazují odlišnosti od lineárního trendu. Nejvýraznější pokles průměrných hodnot 90% kvantilů s rostoucí nadmořskou výškou se projevuje v létě (10 °C rozdílu teploty mezi nejnižší ležící stanicí Doksany a Lysou horou, v ostatních ročních obdobích je tento rozdíl přibližně 8°C). Průměrné hodnoty kvantilů v dané nadmořské výšce v prvních třech desetiletích stagnují, vyšší hodnoty se pak objevují ve IV. desetiletí. V zimě se projevuje nárůst průměrných hodnot v dané nadmořské výšce z desetiletí na desetiletí. Nejnižší průměrné hodnoty v I. desetiletí připadají na stanici Lysá hora a na stanice v nadmořské výšce 600-800 m. Na Churáňově je průměr 90pTMAX v I. desetiletí stejný jako na stanicích v nadmořské výšce 400-600 m, mnohdy i vyšší, což je pravděpodobně opět spojeno s zimními inverzemi, nad jejichž hranicí Churáňov může ležet. Obdobné tendence lze najít také v ostatních desetiletích (viz obr. 5.12).



Obr. 5.12: Závislost desetiletých průměrů 90% kvantilu maximální teploty vzduchu na nadmořské výšce v zimě.

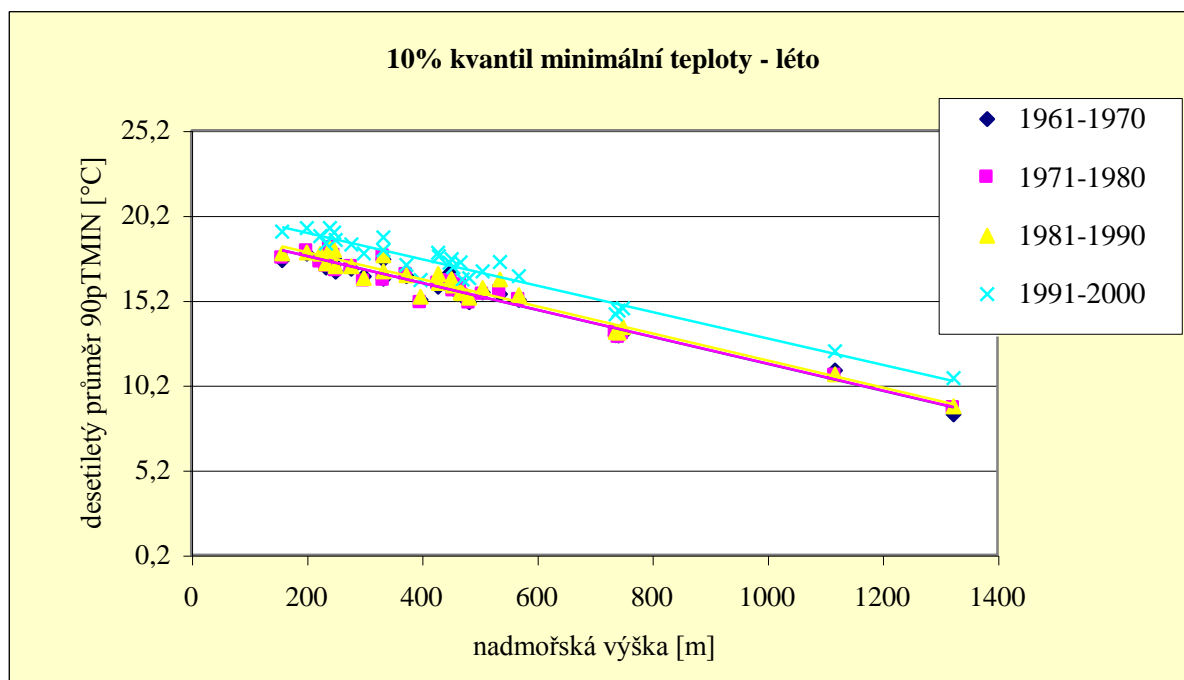
K nejvýraznějšímu poklesu průměrných hodnot 90pTMAX s nadmořskou výškou dochází na podzim ve IV. desetiletí. Stanice v nadmořské výšce 600 až 800 m mají na podzim nižší průměrné hodnoty kvantilů než stanice Churáňov (platí pro všechna desetiletí), což lze vysvětlit podobně jako v zimě na základě inverzního teplotního zvrstvení.

**Shrnutí:** Ve všech sezónách dochází k poklesu průměrné desetileté hodnoty 10% a 90% kvantilu maximální teploty s rostoucí nadmořskou výškou. Pokles je pravidelnější u hodnot 10% kvantilu. Závislost kvantilů na nadmořské výšce byla vyjádřena lineárním regresním modelem. Ukázalo se, že stanice v nadmořských výškách 600-800 m jsou v zimě, případně na podzim, chladnější než horská stanice Churáňov, což může být, jak již bylo uvedeno výše, spojeno s inverzním zvrstvením teploty v troposféře.

## 5.10 Závislost kvantilů denní minimální teploty vzduchu na nadmořské výšce

### Závislost 10% kvantilu minimální teploty vzduchu (10pTMIN) na nadmořské výšce

Pokles desetiletých průměrných hodnot 10pTMIN s rostoucí nadmořskou výškou, vyjádřený lineárním regresním modelem, není tak jednoznačný jako u 10pTMAX. Chování desetiletých průměrů kvantilu na stanicích v nadmořské výšce do 600 m je většinou chaotické, směrnice lineárního trendu je zpravidla určena desetiletými průměry na stanicích v nadmořské výšce 600-800 m a na horských stanicích (viz obr. 5.13). Na jaře je pokles hodnot desetiletých průměrů 10pTMIN s nadmořskou výškou nejvýraznější ve IV. desetiletí. V dané nadmořské výšce, podobně jako u 10pTMAX, dochází k postupnému růstu průměrných hodnot 10pTMIN z desetiletí na desetiletí. V létě je pokles desetiletých průměrů 10pTMIN s rostoucí nadmořskou výškou ve IV. desetiletí nejméně výrazný. Hodnoty desetiletých průměrů kvantilů v dané nadmořské výšce jsou v tomto desetiletí nejvyšší (viz obr. 5.13). Některé stanice v nadmořské výšce 400-500 m mají v létě hodnoty desetiletých průměrů nižší by odpovídalo jejich nadmořské výšce na základě lineární závislosti. Totéž lze říci o stanicích v nadmořské výšce 230-400 m v zimě. Tyto odchylky lze v zimě vysvětlit na základě výskytu inverzí.



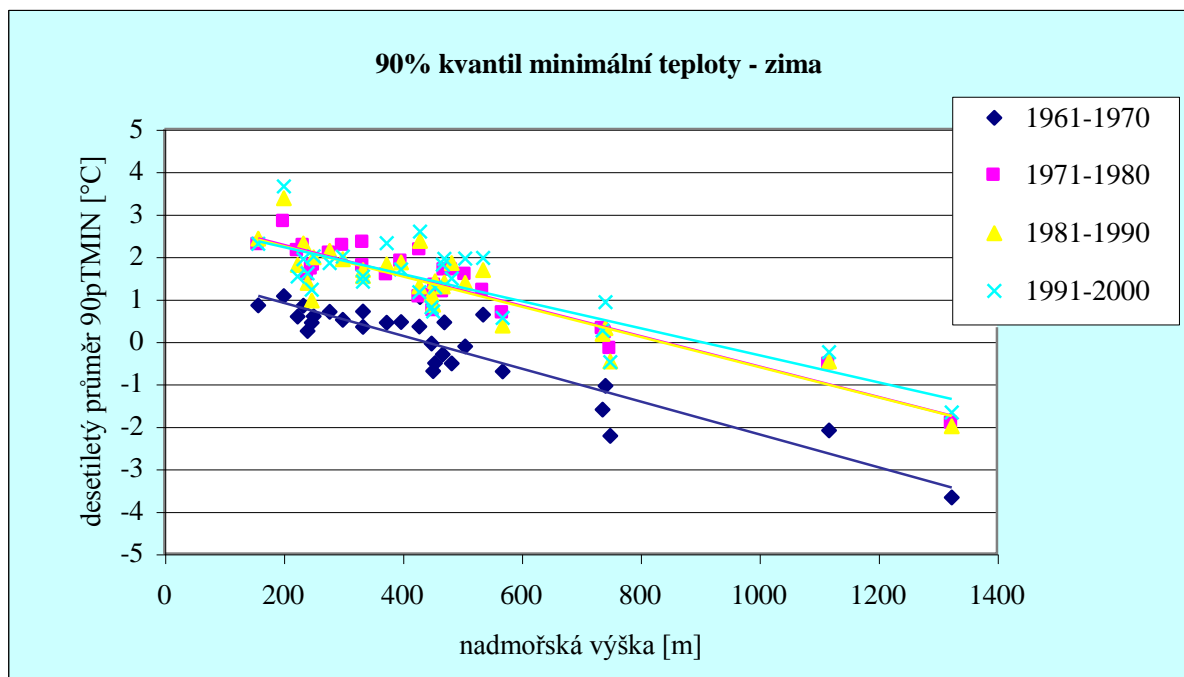
Obr. 5.13. Závislost desetiletých průměrů 10 % kvantilu minimální teploty na nadmořské výšce v létě.

V zimě klesají průměrné hodnoty 10% kvantilu s nadmořskou výškou výrazněji v I. a II. desetiletí. Nejvyšší hodnoty desetiletých průměrů připadají v dané nadmořské výšce na II. desetiletí, nejnižší se pak vyskytují v I. desetiletí. Na podzim se výraznější pokles průměrných hodnot 10pTMIN s nadmořskou výškou projevuje ve II. desetiletí. Průměrné hodnoty kvantilů v dané nadmořské výšce zpravidla klesají postupně z desetiletí na desetiletí. Některé stanice v nadmořské výšce 400-500 m (např. Třeboň) mají ve III. desetiletí výrazně nižší průměrné hodnoty 10pTMIN než odpovídá jejich nadmořské výšce na základě lineárního trendu.

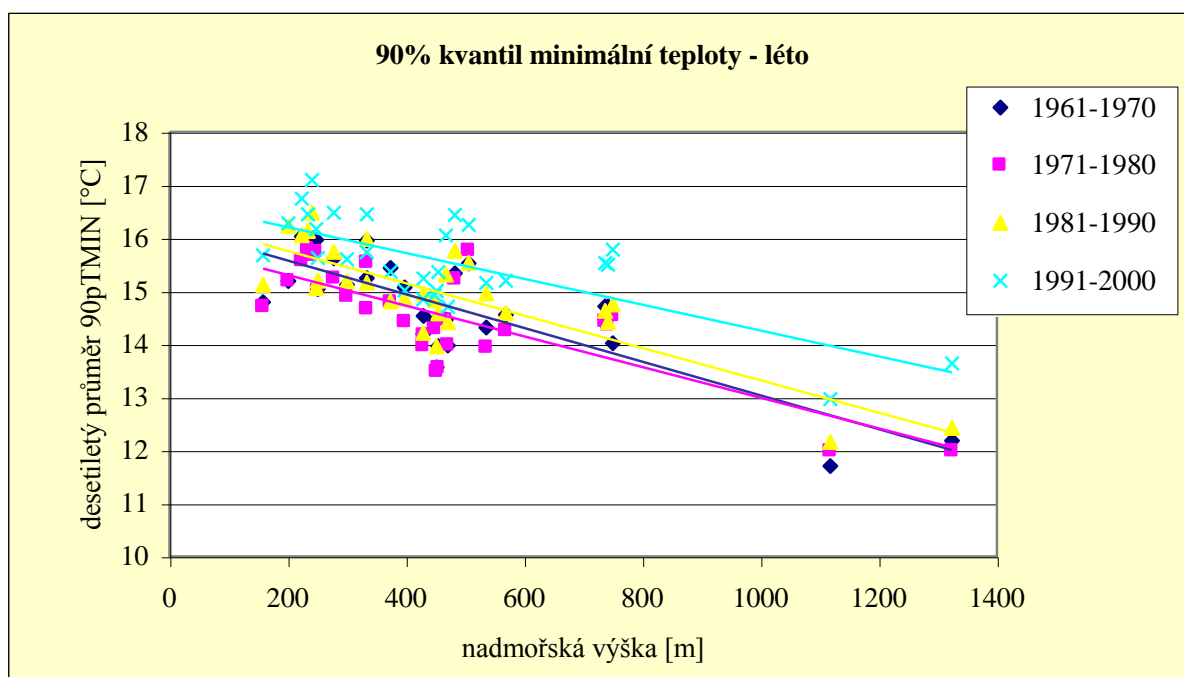


### Závislost 90% kvantilu minimální teploty vzduchu (90pTMIN) na nadmořské výšce

Podobně jako u 10pTMIN, není pokles průměrných hodnot s nadmořskou výškou pravidelný a v jednotlivých desetiletích se směrnice lineárního trendu liší. Směrnice lineárního trendu určují především desetileté průměry kvantilu na stanicích v nadmořské výšce nad 600 m. V zimě je pokles průměrných hodnot 90pTMIN s nadmořskou výškou nejméně výrazný ve IV. desetiletí, v ostatních desetiletích je směrnice trendu v absolutní hodnotě větší. Hodnoty desetiletých průměrů v dané nadmořské výšce jsou nejnižší v I. desetiletí (viz obr. 5.14).



Obr. 5.14: Závislost desetiletých průměrů 90% kvantilu minimální teploty vzduchu na nadmořské výšce v zimě.



Obr. 5.15: Závislost desetiletých průměrů 90% kvantilu minimální teploty vzduchu na nadmořské výšce v létě.

Na jaře, v létě a na podzim se chovají desetileté průměry 90pTMIN na nížinných stanicích chaoticky, směrnice trendu je ovlivněna především hodnotami kvantilů na horských stanicích. Některé stanice v nadmořské výšce 600-800 m mají vyšší průměrné hodnoty než by odpovídalo jejich nadmořské výšce na základě lineárního trendu. To je pravděpodobně způsobeno právě výrazným vlivem horských stanic na směrnici trendu. Horské stanice jsou výrazně chladnější a tím zvětšují absolutní hodnotu směrnice trendu. Z tohoto pohledu se pak stanice ve výše uvedené nadmořské výšce (600-800 m) zdají být teplejší (viz obr. 5.15).

***Shrnutí:*** *Pokles desetiletých průměrů kvantilů minimální teploty vzduchu s nadmořskou výškou není tak pravidelný a výrazný jako u kvantilů maximální teploty. Směrnice lineárního trendu je do značné míry ovlivněna hodnotami desetiletých průměrů kvantilu minimální teploty na horských stanicích. Stanice v nadmořských výškách 600-800 m jsou na jaře, v létě a na podzim z tohoto pohledu teplejší než by odpovídalo jejich nadmořské výšce na základě lineárního trendu. V zimě se na stanicích v menších nadmořských výškách projevuje vliv inverzního zvrstvení atmosféry.*

### **5.11 Procento dní v dané sezóně s denní maximální teplotou menší než 10% kvantil (PD\_TMAX < 10p) a větší než 90 % kvantil (PD\_TMAX > 90p)**

Pro každý rok a sezónu roku bylo na všech stanicích na základě znalosti kvantilů denní maximální teploty (viz. 4.7.) vypočítáno procento dní v dané sezóně s denní maximální teplotou menší než 10% kvantil maximální teploty za období 1961-2000 (PD\_TMAX < T10) a s denní maximální teplotou větší než 90% kvantil maximální teploty (PD\_TMAX > T90). Cílem bylo zjistit, jsou-li tyto dny rovnoměrně rozloženy v průběhu celého sledovaného období nebo zda jsou soustředěny do určitého desetiletí, případně sezóny.

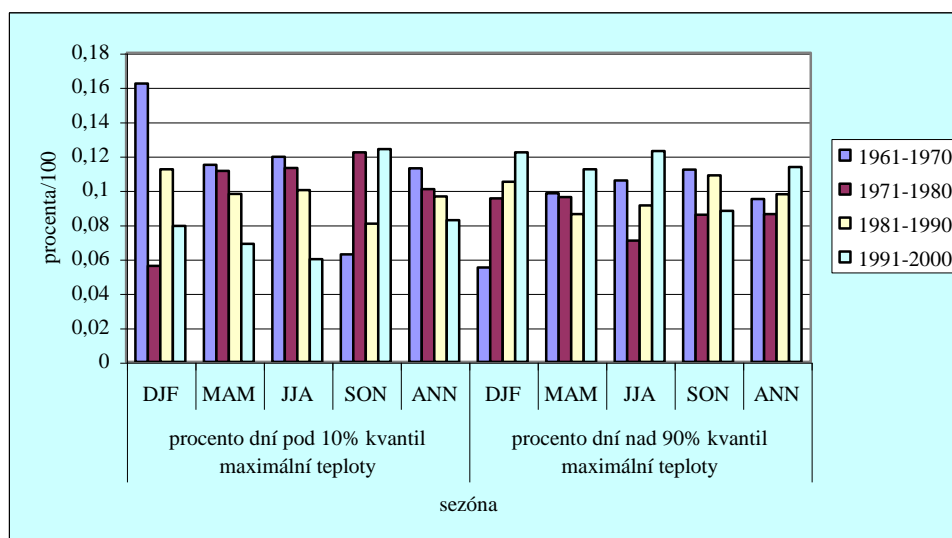
#### **Procento dní v dané sezóně s denní maximální teplotou menší než 10% kvantil (PD\_TMAX < T10)**

Na jaře dochází zpravidla k poklesu průměrných hodnot PD\_TMAX < T10. Lineární trend je statisticky významný na 15 z 29 stanic (viz tab. C.1). Desetileté průměry PD\_TMAX < T10 na 23 stanicích postupně klesají z desetiletí na desetiletí. Na zbylých stanicích, převážně se jedná o stanice na Moravě, desetileté průměry kolísají. V Kuchařovicích a Albrechticích-Žárech připadá nejvyšší desetiletý průměr PD\_TMAX < T10 na II. desetiletí a v následujících dvou desetiletích se projevuje postupný pokles z desetiletí na desetiletí, s nejnižšími průměry ve IV. desetiletí. Na stanicích Ostrava-Mošnov, Lučina a Valašské Meziříčí se nejvyšší desetileté průměry vyskytují v I. desetiletí a nejnižší v III. desetiletí. Také v létě dochází zpravidla k poklesu průměrných hodnot PD\_TMAX < T10. Záporný lineární trend je statisticky významný na 16 stanicích, většinou se jedná o stanice v nadmořské výšce nad 400 m. Z hlediska charakteru změn z desetiletí na desetiletí lze stanice rozdělit do dvou skupin podle nadmořské výšky. První skupinu tvoří stanice v nadmořské výšce 230-400 m, u nichž nejvyšší desetileté průměry připadají na II. desetiletí. V III. a IV. desetiletí dochází k postupnému poklesu průměrů z desetiletí na desetiletí. Jedinou výjimkou je Brno, kde připadají nejvyšší desetileté průměry na IV. desetiletí. Druhou skupinu pak tvoří většina nížinných stanic a stanice v nadmořských výškách nad 400 m, na nichž dochází k postupnému poklesu průměrů z desetiletí na desetiletí. V zimě jsou na téměř všech stanicích, bez ohledu na jejich nadmořskou výšku, lineární trendy záporné, statisticky nevýznamné. Pouze na dvou stanicích (Klatovy a Cheb) jsou lineární trendy statisticky významné. Změny průměrů PD\_TMAX < T10 z desetiletí na desetiletí mají střídavý charakter. Na všech nížinných stanicích připadají nejvyšší průměry na I. desetiletí, nejnižší na II. desetiletí. Totéž lze říci i o stanicích v ostatních nadmořských výškách. Na podzim na všech stanicích, bez ohledu na nadmořskou výšku, PD\_TMAX < T10 nemá statisticky významný trend. Trendy jsou

zpravidla kladné. Desetileté průměry kolísají z desetiletí na desetiletí nepravidelně. Na nížinných stanicích nejvyšší průměry zpravidla připadají na II. desetiletí, ve IV. desetiletí jsou na některých stanicích téměř stejně vysoké, nebo i vyšší (Kuchařovice). Nejnižší desetileté průměry se vyskytují na všech nížinných stanicích v I. desetiletí. Podobně je tomu na stanicích v nadmořské výšce nad 230 m.

### Procento dní v dané sezóně s denní maximální teplotou větší než 90% kvantil (PD\_TMAX> T90)

Na jaře se projevuje zpravidla nárůst průměrných hodnot PD\_TMAX>T90. Kladný lineární trend je statisticky významný na 10 stanicích z 29 (viz tab. C.2). Desetileté průměry PD\_TMAX>T90 na 11 stanicích postupně rostou z desetiletí na desetiletí (jedná se především o stanice se statisticky významným trendem), na ostatních stanicích kolísají. Pokud se podrobněji podíváme na skupiny stanic v dané nadmořské výšce, zjistíme, že jejich chování je podobné. V každé skupině stanic v nadmořské výšce do 600 m se vyskytují jedna až tři stanice s kladným, statisticky významným lineárním trendem PD\_TMAX>T90. Ostatní stanice nemají statisticky významný trend. Průměrné hodnoty z desetiletí na desetiletí na nich kolísají. Stanice v nadmořské výšce 600-800 m zpravidla nemají statisticky významný lineární trend. Hodnoty desetiletých průměrů PD\_TMAX>T90 na všech třech stanicích kolísají z desetiletí na desetiletí. Nejvyšší desetileté průměry připadají na IV. desetiletí, nejnižší, stejně jako v zimě, na I. desetiletí. Obě horské stanice mají kladné, statisticky nevýznamné lineární trendy PD\_TMAX>T90. Desetileté průměry na Lysé hoře postupně rostou z desetiletí na desetiletí, na Churáňově kolísají. Nejvyšší desetileté průměry připadají na Churáňově, stejně jako na Lysé hoře, na IV. desetiletí, ale nejnižší se vyskytují ve III. desetiletí (viz obr. 5.16).



Obr. 5.16: Procento dní pod 10% kvantil resp. nad 90% kvantil maximální teploty pro stanici Churáňov.

V létě má PD\_TMAX>T90 na většině stanic bez ohledu na nadmořskou výšku kladný, statisticky nevýznamný lineární trend (viz tab. C.2). Hodnoty desetiletých průměrů zpravidla kolísají z desetiletí na desetiletí, případně se objevuje stagnace v rámci některých dvou desetiletí (např. Žatec). Nejvyšší desetileté průměry PD\_TMAX>T90 připadají na IV. desetiletí. Na většině stanic dochází k růstu desetiletých průměrů PD\_TMAX>T90 v rámci posledních dvou desetiletí. Tento nárůst je nejvýraznější na nížinných stanicích, na stanicích v nadmořské výšce 400-500 m a 600-800 m. V zimě na všech stanicích, bez ohledu na nadmořskou výšku, průměrné hodnoty PD\_TMAX>T90 v období 1961-2000 rostou.

Kladný lineární trend je statisticky významný na všech stanicích, kromě dvou, Olomouce a Červené. Desetileté průměry  $PD\_TMAX > T90$  postupně rostou z desetiletí na desetiletí. Pouze na dvou výše uvedených stanicích desetileté průměry kolísají. Nejnižší hodnoty se vyskytují jako na ostatních stanicích v I. desetiletí, ale nejvyšší připadají na III. desetiletí v Olomouci a na II. desetiletí na stanici Červená. Na podzim nejsou lineární trendy  $PD\_TMAX > T90$ , až na jedinou výjimku, statisticky významné a zpravidla jsou záporné. Charakter změn  $PD\_TMAX > T90$  z desetiletí na desetiletí je na většině stanic kolísavý, vyjma čtyř stanic (viz tab. C.2). Nejvyšší desetileté průměry  $PD\_TMAX > T90$  na stanicích v nadmořské výšce do 400 m připadají zpravidla na I. desetiletí. Desetileté průměry na stanicích v nadmořských výškách 400-600 m se chovají různě. Stanice v nadmořské výšce 600-800 m a horské stanice mají nejvyšší desetileté průměry v I. desetiletí, pouze Svratouch má tuto hodnotu nejvyšší v II. desetiletí. V posledním desetiletí se také projevil výrazný pokles hodnoty desetiletého průměru  $PD\_TMAX > T90$ , ve srovnání s předchozím.

***Shrnutí:*** Na stanicích bez ohledu na nadmořskou výšku dochází na jaře a v létě k poklesu počtu dní s denní minimální teplotou nižší než 10% kvantil a naopak k růstu počtu dní s denní minimální teplotou vyšší než 90% kvantil. Lineární trendy  $PD\_TMAX < T10$  jsou zpravidla na polovině statisticky významné, v zimě téměř na všech stanicích nevýznamné. Oproti tomu počet dní s denní maximální teplotou nad 90% kvantil v zimě statisticky významně roste na všech stanicích. Na podzim zůstává počet dní s denní minimální teplotou menší než 10% kvantil a vyšší než 90% kvantil v období 1961-2000 zpravidla beze změn. Lineární trend charakteristiky buď nemají, nebo je vždy statisticky nevýznamný. Nejvyšší počet dní s denní maximální teplotou pod 10% kvantil se v průměru vyskytl v I. desetiletí, nejvyšší počet dní s denní maximální vyšší než 90% kvantil v posledním desetiletí. Toto pravidlo lze zobecnit pro všechny sezóny, kromě podzimu.

## **5.12 Procento dní v dané sezóně s denní minimální teplotou menší než 10% kvantil ( $PD\_TMIN < 10p$ ) a větší než 90 % kvantil ( $PD\_TMIN > 90p$ )**

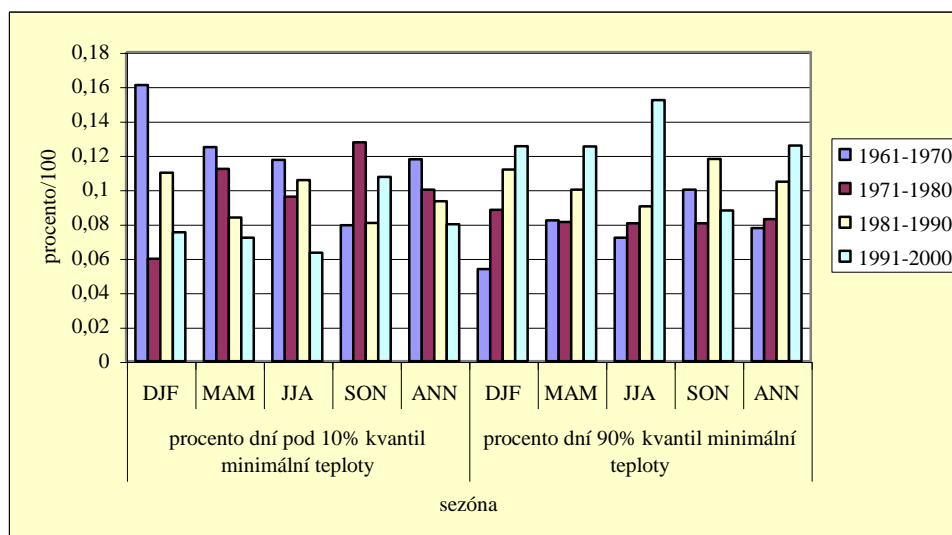
**Procento dní v dané sezóně s denní minimální teplotou menší než 10% kvantil ( $PD\_TMIN < T10$ )**

Na jaře dochází k postupnému poklesu průměrných hodnot  $PD\_TMIN < T10$ . Záporné lineární trendy jsou na 7 stanicích statisticky významné (viz tab. C.3). Desetileté průměry  $PD\_TMIN < T10$  na 12 stanicích postupně klesají. Na ostatních stanicích průměry kolísají z desetiletí na desetiletí. Nejvyšší průměry zpravidla připadají na I. nebo II. desetiletí, nejnižší pak na IV. desetiletí. V létě se průměrné hodnoty  $PD\_TMIN < T10$  chovají velmi podobně jako na jaře. Záporný lineární trend je statisticky významný na 11 stanicích. Všechny stanice se statisticky významným trendem leží v nadmořské výšce do 600 m. Průměrné desetileté hodnoty  $PD\_TMIN < T10$  na 14 stanicích postupně klesají z desetiletí na desetiletí (jedná se o většinou o stanice se statisticky významným trendem). Na ostatních stanicích jsou změny z desetiletí na desetiletí nepravidelné. Nejvyšší desetileté průměry připadají, stejně jako na jaře, na I. nebo II. desetiletí, nejnižší pak na IV. desetiletí. Výjimkou jsou stanice Olomouc, Praha-Ruzyně a Červená s nejvyššími desetiletými průměry v III. desetiletí. V zimě jsou lineární trendy  $PD\_TMIN < T10$  na všech vybraných stanicích statisticky nevýznamné, zpravidla záporné. Hodnoty desetiletých průměrů z desetiletí na desetiletí kolísají. Z hlediska výskytu nejvyšších a nejnižších desetiletých průměrů  $PD\_TMIN < T10$  se stanice chovají, bez ohledu na nadmořskou výšku, velmi podobně. Nejvyšší desetileté průměry  $PD\_TMIN < T10$  připadají zpravidla na I. desetiletí, nejnižší na II. desetiletí. Na podzim průměrné hodnoty  $PD\_TMIN < T10$  na všech stanicích, bez ohledu na nadmořskou výšku, buď nemají trend nebo je trend statisticky nevýznamný. Desetileté průměry z desetiletí na desetiletí nepravidelně kolísají. Z pohledu nejvyšších a nejnižších desetiletých průměrů lze stanice rozdělit do dvou

skupin. První skupinu tvoří nížinné stanice Doksany, Žatec a Semčice, dále stanice Lučina a Tábor. Nejvyšší desetileté průměrné hodnoty se objevují na těchto stanicích v I. nebo ve IV. desetiletí. Druhá skupina zahrnuje stanice s nejvyššími desetiletými průměry ve II. desetiletí (viz tab. C.3).

### Procento dní v dané sezóně s denní minimální teplotou větší než 90% kvantil (PD\_TMIN> T90)

*Na jaře* je patrný statisticky významný nárůst PD\_TMIN> T90 na sedmi stanicích v různých nadmořských výškách. Kladný lineární trend na ostatních stanicích není statisticky významný. Desetileté průměry postupně rostou z desetiletí na desetiletí na 7 stanicích. Nejvyšší desetileté průměry PD\_TMIN> T90 připadají na IV. desetiletí. Pro poslední desetiletí je také charakteristický vyšší desetiletý průměr PD\_TMIN> T10 než v III. desetiletí (viz tab. C.4). *Také v létě* dochází k statisticky významnému růstu průměrných hodnot PD\_TMIN> T90 na 10 stanicích. Jedná se většinou o stanice v Čechách. Hodnoty desetiletých průměrů postupně rostou z desetiletí na desetiletí na šesti stanicích. Na ostatních kolísají. Nejvyšší připadají na IV. desetiletí, nejnižší na II. desetiletí. *V zimě* dochází k růstu průměrných hodnot PD\_TMIN> T90. Kladný lineární trend je statisticky významný na 11 stanicích z 29 (viz tab. C.4). Desetileté průměry PD\_TMIN> T90 na 13 stanicích postupně rostou z desetiletí na desetiletí. Na ostatních stanicích kolísají. Nejnižší desetileté průměry PD\_TMIN> T90 na všech stanicích připadají na I. desetiletí, nejvyšší zpravidla na IV. desetiletí. *Na podzim* průměrné hodnoty PD\_TMIN> T90 na všech stanicích, bez ohledu na nadmořskou výšku, nemají trend nebo je statisticky nevýznamný. Průměrné hodnoty PD\_TMIN> 910 z desetiletí na desetiletí kolísají. Na nížinných stanicích a na stanicích v nadmořské výšce 230-400 m jsou desetileté průměry v I. desetiletí téměř stejně vysoké jako v IV. desetiletí, nejvyšší průměry tedy připadají na I. nebo IV. desetiletí. Nejnižší se vyskytují v II. nebo III. desetiletí. Podobně se chovají průměry PD\_TMIN> T90 na stanicích v nadmořské výšce 600-800 m. Na stanicích v nadmořské výšce 500-600 m připadají nejvyšší desetileté průměry PD\_TMIN> T90 na I. nebo III. desetiletí, nejnižší pak na II. desetiletí na všech stanicích v této nadmořské výšce. Nejnižší desetileté průměry na obou horských stanicích připadají na II. desetiletí. Nejvyšší se na Lysé hoře vyskytují v I. desetiletí, na Churáňově v III. desetiletí (viz obr. 5.17).



Obr. 5.17: Procento dní pod 10% kvantil, resp. nad 90% kvantil minimální teploty pro stanici Churáňov.

**Shrnutí:** Na stanicích bez ohledu na nadmořskou výšku dochází na jaře, v létě a v zimě k poklesu počtu dní s denní minimální teplotou nižší než 10% kvantil a naopak k růstu

*počtu dní s denní minimální teplotou vyšší než 90% kvantil. Lineární trendy jsou přibližně na jedné třetině stanic u obou charakteristik statisticky významné, jen v zimě je trend počtu dní s denní minimální teplotou pod 10% kvantil statisticky nevýznamný na všech 29 stanicích. Na podzim zůstává počet dní s denní minimální teplotou menší než 10% kvantil a vyšší než 90% kvantil v období 1961-2000 zpravidla beze změn. Lineární trend charakteristiky buď nemají, nebo je vždy statisticky nevýznamný. Nejvyšší počet dní s denní minimální teplotou nižší než 10% kvantil připadá zpravidla na I. nebo II. desetiletí, vyšší než 90 % kvantil pak na III. nebo IV. desetiletí. Takto se chovají desetileté průměry na většině stanic ve všech ročních obdobích, kromě podzimu.*

## Kapitola 6

# Změny atmosférických srážek na vybraných stanicích ČR

### 6.1 Průměrná délka srážkového období (PS1)

#### Nížinné stanice

Lineární trendy průměrné délky srážkového období (PS1) mají různá znaménka a jsou téměř vždy statisticky nevýznamné. Výjimkou je stanice Žatec, kde je v létě kladný lineární trend statisticky významný ( $\alpha = 0,045$ ), tedy prodloužení průměrné délky srážkového období bylo statisticky prokázáno pouze na této stanici. Hodnoty desetiletých průměrů kolísají z desetiletí na desetiletí na všech stanicích, jejich hodnoty se pohybují kolem 2-2,5 dne (charakteristika zahrnuje do srážkového období i jednodenní situace).

#### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Na jaře a na podzim jsou lineární trendy PS1 zpravidla záporné v Čechách, na Moravě vedle toho také v létě a jsou ve všech ročních obdobích statisticky nevýznamné. Průměry z desetiletí na desetiletí kolísají, jejich hodnoty se pohybují v intervalu dvou až tří dnů. Vůbec nejnižší hodnotu desetiletých průměrů má Praha-Ruzyně, Olomouc a Brno (2 dny ve všech ročních obdobích), nejvyšší Liberec.

#### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Lineární trendy jsou na těchto stanicích také zpravidla statisticky nevýznamné. Na jaře, v létě a na podzim jsou záporné na polovině stanic, na ostatních stanicích jsou záporné jen na jaře, případně jen v létě (Halvíčkův Brod). V Klatovech a v Albrechticích-Žárech je záporný lineární trend na jaře statisticky významný. Hodnoty desetiletých průměrů kolísají mezi 2-2,5 dny, v zimě jsou vyšší, pohybují se od 2,5 do 3 dnů. Nejvyšší roční desetileté průměry připadají na většině stanic na I. desetiletí (Třeboň, Město Albrechtice-Žáry, Klatovy), nebo IV. desetiletí (Cheb, Kralovice, Havlíčkův Brod).

#### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Lineární trendy PS1 jsou převážně kladné, statisticky nevýznamné. Stanice v této nadmořské výšce se z pohledu desetiletých průměrů PS1 chovají individuálně. Průměry kolísají nepravidelně z desetiletí na desetiletí, jejich hodnoty se pohybují kolem 2 až 3 dnů. Vůbec nejvyšší jsou v zimě v Husinci ve III. desetiletí, jejich hodnota je 3,1 dne. Nejvyšší roční desetileté průměry připadají na II. desetiletí na všech třech stanicích.

#### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Průměrná délka srážkového období se na jaře a na podzim zkracuje, v zimě a v létě prodlužuje. Trendy nejsou statisticky významné. Nejvyšší desetileté průměry PS1 připadají na zimu ve III. desetiletí (3,6-3,9 dne). Desetileté průměry v ostatních sezónách se pohybují od 2,5 do 3 dnů. Charakter změn z desetiletí na desetiletí mají tyto tři stanice podobný stanicím v nadmořské výšce 500-600 m (Červená odpovídá Ostravě-Mošnovu, Přimda Husinci a Kralovicům, Svratouch Havlíčkovu Brodu, Ondřejovu a Albrechticím-Žárům).

#### Horské stanice

Na Churáňově jsou lineární trendy PS1 kladné v létě, na podzim a v zimě. Na Lysé hoře jsou kladné pouze na podzim. Všechny změny jsou statisticky nevýznamné. Desetileté průměry kolísají z desetiletí na desetiletí, jejich nejvyšší hodnoty se vyskytují v zimě (4,7 dne Lysá

hora, 4 dny Churáňov). V ostatních sezónách hodnoty průměrů kolísají kolem 3 dnů. Nejvyšší roční desetileté průměry připadají na Lysé hoře na I. desetiletí, na Churáňově na II. desetiletí.

Výskyt nejvyšších a nejnižších hodnot desetiletých průměrů PS1 se dále sledoval z pohledu jednotlivých sezón a ročních průměrů, nezávisle na tom, v jakém výškovém patře se stanice nachází. Výsledky jsou uvedeny v tab. D.1, na jejímž základě lze učinit několik následujících závěrů.

V zimě připadají nejvyšší desetileté průměry PS1 nejčastěji na III. desetiletí (viz tab. D.1), nejnižší se vyskytují na téměř polovině stanic v I. desetiletí. Oproti tomu většina stanic má na jaře v I. desetiletí nejvyšší průměrnou desetiletou hodnotu. Nejmenší desetileté průměry PS1 připadají na 1/4 stanic v této sezóně na II. desetiletí, na polovině stanic na III. desetiletí. Zbylé stanice mají nejnižší desetiletý průměr PS1 ve IV. desetiletí. Na 18 stanicích připadají nejvyšší desetileté průměry průměrné délky srážkového období v létě na II. desetiletí, stanice Holešov, Kuchařovice, Doksany a Mošnov mají nejvyšší desetiletý průměr PS1 v I. desetiletí (viz tab. D.1). Nejnižší desetileté průměry PS1 se na téměř polovině stanic vyskytují ve III. desetiletí. Podzimní nejvyšší desetileté průměry délky srážkového období připadají na polovině stanic na poslední desetiletí, 10 stanic má pak nejvyšší průměry ve II. desetiletí a na zbylých pěti stanicích připadají nejvyšší desetileté průměry na I. desetiletí. Nejnižší průměry za desetiletí se na dvou třetinách stanic vyskytují ve III. desetiletí, pouze dvě stanice (Třeboň a Žatec) mají nejmenší desetileté průměry v II. desetiletí a ostatní v I. desetiletí. Roční nejvyšší desetileté průměry PS1 připadají na jedné třetině stanic na II. desetiletí, 6 stanic má nejvyšší desetiletý průměr v I. desetiletí (viz tab. D.1). Nejnižší desetileté PS1 průměry převažují v posledním a předposledním desetiletí, Husinec, Lučina, Cheb, Hradec Králové a Liberec mají nejnižší desetileté průměry v I. desetiletí.

***Shrnutí:*** Lineární trendy PS1 jsou téměř na všech vybraných stanicích statisticky nevýznamné. Změny v průměrné délce srážkových období tedy nejsou významné, pokud se objeví její nárůst (zpravidla léto a zima) či zkrácení (jaro a podzim), které jsou statisticky významné, tak se jedná o lokální záležitost. Nejdelší jsou srážková období v zimě, vůbec nejvyšší hodnoty pak zpravidla připadají v zimě na III. desetiletí.

## 6.2 Průměrná délka období beze srážek (PS2)

### Nížinné stanice

Znaménka lineárních trendů průměrné délky období beze srážek (PS2) se střídají, kladné trendy jsou ale častější, záporné trendy se objevují zpravidla jen na jaře a na podzim. Odlišně se v tomto ohledu chovají průměry PS2 v Holešově, kde jsou lineární trendy, kromě zimy, vždy záporné. Lineární trendy jsou téměř vždy statisticky nevýznamné, pouze kladný trend v Kuchařovicích v zimě je statisticky významný ( $\alpha = 0,042$ ). Desetileté průměry kolísají, nejvyšší roční desetileté průměry připadají nejčastěji na II. nebo IV. desetiletí.

### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Lineární trendy PS2 jsou statisticky nevýznamné, záporné zpravidla na podzim a na jaře. Charakter změn z desetiletí na desetiletí je na jednotlivých stanicích různý, nejvyšší roční desetileté průměrné hodnoty PS2 připadají zpravidla na II. desetiletí (např. Hradec Králové, Olomouc). Hodnoty desetiletých průměrů kolísají mezi 2,5-4,5 dny.

### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Lineární trendy PS2 jsou zpravidla kladné, kromě podzimu. Vždy jsou statisticky nevýznamné. Desetileté průměry PS2 kolísají, nejvyšší roční desetileté průměry připadají na II. nebo IV. desetiletí. Hodnoty desetiletých průměrů se pohybují mezi 3-3,5 dny, nejvyšší jsou v zimě ve IV. desetiletí (4 dny v Třeboni, Klatovech a Kralovicích).



### **Stanice v nadmořské výšce 500-600 m**

Na podzim jsou lineární trendy PS2 záporné na všech stanicích. Na jaře jsou, vedle podzimu, záporné v Husinci a Ondřejově, v zimě v Kostelní Myslové a Husinci. V létě jsou trendy kladné. Trendy jsou ve všech sezónách statisticky nevýznamné. Hodnoty desetiletých průměrů nepravidelně kolísají z desetiletí na desetiletí, jejich hodnoty se pohybují mezi 2,5-3,5 dny. Nejvyšší desetileté průměrné hodnoty PS2 se objevují v zimě, v některých desetiletích sahají až na hranici 4 dnů.

### **Stanice v nadmořské výšce 600-800 m**

Průměrná délka období beze srážek se zkracuje na podzim. Podzimní záporný trend je statisticky významný na Červené. V ostatních ročních obdobích dochází zpravidla k zvyšování PS2, nárůst ale nebyl statisticky prokázán. Hodnoty desetiletých průměrů kolísají okolo 3 dnů, vůbec nejvyšší desetiletý průměr připadá na podzim na I. desetiletí na Červené (4 dny).

### **Horské stanice**

Trendy ve všech sezónách nejsou statisticky významné, kladné jsou na jaře na Churáňově, v zimě a v létě na Lysé hoře. Desetileté průměry jsou nejvyšší na podzim (3,5 dne na Churáňově). V ostatních sezónách kolísají mezi 2,5 až 3 dny. Nejvyšší roční desetiletý průměr připadá na Churáňově na II. desetiletí, na Lysé hoře na III. desetiletí.

Podobně jako u průměrné délky období se srážkami se hodnotil výskyt nejvyšších a nejnižších hodnot desetiletých průměrů z pohledu jednotlivých sezón a ročních průměrů. Výsledky jsou uvedeny v tab. D.2.

Jedna třetina stanic má v zimě nejvyšší desetiletý průměr PS2 v posledním desetiletí, což svědčí o rostoucí délce bezesrážkového období na těchto stanicích (viz tab. D.2). Necelé dvě třetiny stanic mají nejvyšší zimní desetileté průměry ve II. desetiletí. Zimní nejnižší průměry připadají na více než dvou třetinách stanic na I. desetiletí. Jarní nejvyšší desetileté průměry PS2 připadají na 17 stanicích na II. desetiletí, Třeboň, Praha a Město Albrechtice-Žáry mají nejvyšší desetileté průměry v posledním desetiletí a ostatní ve III. desetiletí. Nejnižší hodnoty desetiletých průměrů PS2 připadají na I. desetiletí na většině stanic (viz tab. D.2). Polovina stanic má letní nejvyšší desetiletý průměr PS2 ve IV. desetiletí, téměř polovina pak ve II. desetiletí. Nejmenší průměry PS2 spadají většinou do I. desetiletí (platí pro ty stanice, které mají nejvyšší průměry v posledním desetiletí) nebo do III. desetiletí (8 stanic). Podzimní nejvyšší desetileté průměry připadají zpravidla na III. desetiletí, 8 stanic má nejvyšší desetileté průměry PS2 v I. desetiletí (viz tab. D.2). Nejnižší desetileté průměry PS2 připadají na podzim na většině stanic na poslední desetiletí (1991-2000). 17 stanic má nejvyšší roční desetileté průměry PS2 v II. desetiletí, 10 stanic pak v IV. desetiletí. Nejnižší desetileté průměry charakteristiky připadají na většině stanic na I. desetiletí.

***Shrnutí:*** Lineární trendy jsou na stanicích do 400 m n.m. a na stanicích v nadmořské výšce 500-600 m zpravidla záporné na jaře a na podzim, na stanicích ve 400-500 m n.m. a nad 600 m n.m. jsou zpravidla záporné na podzim. Lineární trendy nejsou statisticky významné, tedy prodlužování období beze srážek v zimě, v létě, případně na jaře a její zkracování na podzim nebylo statisticky prokázáno. Podobně jako v případě období se srážkami existují lokální výjimky, kde dochází k statisticky významnému růstu počtu dní v období beze srážek (např. Kuchařovice v zimě), ale toto nelze zobecnit na jednotlivá výšková patra nebo na všechny sezóny. Nejvyšší desetileté průměry PS2 připadají nejčastěji na II. desetiletí, případně na IV. desetiletí. Nejnižší se pak zpravidla vyskytují v I. desetiletí. Z toho lze usoudit, že na většině stanic se desetileté průměry zvýšily, ve srovnání s průměry v 60. letech 20. století, toto tvrzení neplatí pro podzim.

## 6.3 Nejdelší srážkové období (NS1)

### Nížinné stanice

Lineární trendy NS1 jsou téměř vždy statisticky nevýznamné. Jejich znaménka jsou pro různé sezóny a stanice zpravidla různá. Statisticky významný pokles NS1 se podařilo zaznamenat na jaře na dvou stanicích, v Holešově a Semčicích. Také charakter změn z desetiletí na desetiletí je na většině stanic v jednotlivých sezónách roku individuální. Například v Žatci desetileté průměry NS1 v zimě v rámci posledních tří desetiletí klesají, v Kuchařovicích stagnují v průběhu všech čtyř desetiletí, v Doksanech mají střídavý průběh z desetiletí na desetiletí.

### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Lineární trendy NS1 jsou na stanicích v tomto výškovém patře ve všech sezónách zpravidla záporné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry většinou kolísají na různých stanicích v různých sezónách různě. Na pěti stanicích (Hradec Králové, Olomouc-Slavonín, Lučina, Praha-Ruzyně, Ostrava-Mošnov) z osmi připadají nejvyšší desetileté průměry většiny sezón na II. desetiletí. Hodnoty desetiletých průměrů NS1 kolísají zpravidla mezi 6-9 dny, nejvyšší se objevují v Liberci, Lučině a Hradci Králové – v zimě až dvanáctidenní období se srážkami. Nejmenší desetileté průměry mají Brno a Olomouc (5-7 dní)

### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

V Albrechticích-Žárech došlo k statisticky významnému poklesu NS1 na jaře, na podzim a v zimě. Lineární trendy na ostatních stanicích jsou také zpravidla záporné, statisticky nevýznamné. Desetileté průměry NS1 jsou nejvyšší ve většině sezón ve II. desetiletí. Hodnoty desetiletých průměrů kolísají mezi 6-8 dny, nejvyšší jsou v zimě.

### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Lineární trendy NS1 jsou zpravidla záporné v zimě a na jaře (Husinec a Ondřejov). V Kostelní Myslové je trend záporný jen na podzim. Trendy nejsou statisticky významné. Charakter změn z desetiletí na desetiletí je na většině stanic individuální a závisí také na sezóně. Hodnoty desetiletých průměrů NS1 zpravidla kolísají mezi 7-10 dny, vůbec nejvyšší hodnoty, 11 dní, připadají na zimu (Ondřejov I. desetiletí, Kostelní Myslová III. desetiletí).

### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Stanice Svratouch a Červená mají trendy ve všech sezónách záporné (kromě podzimu na Červené), statisticky nevýznamné. Trendy na stanici Přimda jsou naopak kladné, také statisticky nevýznamné ve všech sezónách. Desetileté průměry kolísají z desetiletí na desetiletí nepravidelně, celkově nejvyšší jsou na všech stanicích v zimě ve III. desetiletí (15 dní), v ostatních sezónách hodnoty desetiletých průměrů kolísají mezi 8-13 dny.

### Horské stanice

Lineární trendy NS1 na Churáňově jsou zpravidla kladné, statisticky nevýznamné a na Lysé hoře záporné, v zimě statisticky významné. Nejvyšší desetileté průměry připadají na zimu (16 dní na Churáňově v I. desetiletí, 14 dní na Lysé hoře v I. desetiletí), hodnoty desetiletých průměrů v ostatních sezónách se pohybují mezi 9-12 dny.

***Shrnutí:*** Z výše uvedeného je patrné, že většina stanic bez ohledu na nadmořskou výšku se chová individuálně a nelze tedy učinit obecný závěr, který by se vztahoval na stanice v jednotlivých výškových patrech. Znaménka lineárních trendů i charakter změn z desetiletí na desetiletí je různý v různých sezónách. Na většině stanic se nepodařilo statisticky prokázat významnost trendu. Pokud jsou trendy statisticky významné, jedná se o záležitost jedné sezóny na dané stanici. O změnách nejdelšího srážkového období ve sledovaném období 1961-2000 tedy nelze učinit obecný závěr.

## 6.4 Nejdelší období beze srážek (NS2)

### Nížinné stanice

Průměrné hodnoty NS2 na nížinných stanicích se chovají zpravidla individuálně. Lineární trendy nejsou statisticky významné, kromě statisticky významného trendu na stanici Kuchařovice ( $\alpha = 0,007$ ). Znaménka trendů jsou záporná na jaře na čtyřech stanicích z pěti, na podzim na dvou, v zimě jen na jedné stanici. Desetileté průměry kolísají, nejvyšší připadají ve všech sezónách zpravidla na II. nebo III. desetiletí, kromě Semčic, kde jsou na jaře, v létě a na podzim průměry NS2 nejvyšší ve IV. desetiletí. Nejnižší desetileté průměry NS2 se vyskytují většinou v I. desetiletí ve všech sezónách.

### Stanice v nadmořské výšce 230-400 m

Znaménka lineárních trendů NS2 jsou zpravidla záporná, trendy většinou statisticky nevýznamné. Na podzim jsou záporné vždy, v Praze-Ruzyni je trend na podzim statisticky významný ( $\alpha = 0,0002$ ). Kladný lineární trend v létě má např. stanice Hradec Králové. Stanice Hradec Králové, Brno, Liberec a Lučina mají nejvyšší desetileté průměry NS2 v I. nebo II. desetiletí, stanice Ostrava-Mošnov, Olomouc a Valašské Meziříčí ve II. nebo III. desetiletí, kromě letní sezóny s nejvyššími desetiletými průměry ve IV. desetiletí. Průměrné desetileté hodnoty se pohybují mezi 8-10 dny ve všech sezónách.

### Stanice v nadmořské výšce 400-500 m

Lineární trendy NS2 jsou na většině stanic v tomto výškovém patře kladné, kromě podzimu, a statisticky nevýznamné. Nejvyšší desetileté průměry NS2 připadají ve většině sezón na II. desetiletí. Hodnoty desetiletých průměrů NS2 kolísají mezi 8-12 dny, celkově nejvyšší jsou zpravidla na podzim a v zimě, na některých stanicích až 16 dní (podzimní v Kralovicích a Velkém Meziříčí).

### Stanice v nadmořské výšce 500-600 m

Ve všech sezónách, kromě podzimu, jsou lineární trendy NS2 kladné, statisticky nevýznamné. Záporný trend na podzim je také statisticky nevýznamný. Desetileté průměry v jednotlivých sezónách zpravidla kolísají mezi 7-12 dny. Nejvyšší desetileté průměry zpravidla připadají na I. nebo II. desetiletí. Vůbec nejvyšší desetileté průměrné hodnoty NS2 připadají na podzim v I. desetiletí v Ondřejově, 14 dní.

### Stanice v nadmořské výšce 600-800 m

Lineární trendy NS2 se na stanicích v tomto výškovém patře zpravidla nechovají jednotně a jsou statisticky nevýznamné ve všech sezónách. Na Svratouchu jsou ve všech sezónách kladné, na Přimdě jsou kladné na jaře a v létě a na stanici Červená jsou trendy, kromě léta, záporné. Desetileté průměry kolísají nepravidelně z desetiletí na desetiletí, nejvyšší hodnoty připadají na zpravidla na II. desetiletí (9-10 dní).

### Horské stanice

Trendy nejdelšího období beze srážek jsou na horských stanicích ve všech sezónách zpravidla záporné. Pokles průměrných hodnot ale není statisticky významný. Nejvyšší desetileté průměry NS2 připadají na podzim (15 dní na Churáňově), hodnoty v ostatních sezónách kolísají mezi 8-10 dny.

***Shrnutí:*** *Jednotlivé stanice v nadmořské výšce do 230 m a v 600-800 m se chovají zpravidla individuálně, trendy nejdelšího období beze srážek nejsou zpravidla statisticky významné. Na stanicích v nadmořské výšce 230-400 jsou lineární trendy zpravidla záporné (na podzim vždy záporné). Statisticky významný pokles NS2 byl prokázán pouze v Praze-Ruzyni. Na stanicích ve větších nadmořských výškách (400-600m) jsou lineární trendy ve všech sezónách zpravidla kladné, na horských stanicích záporné, statisticky nevýznamné. Tedy na*

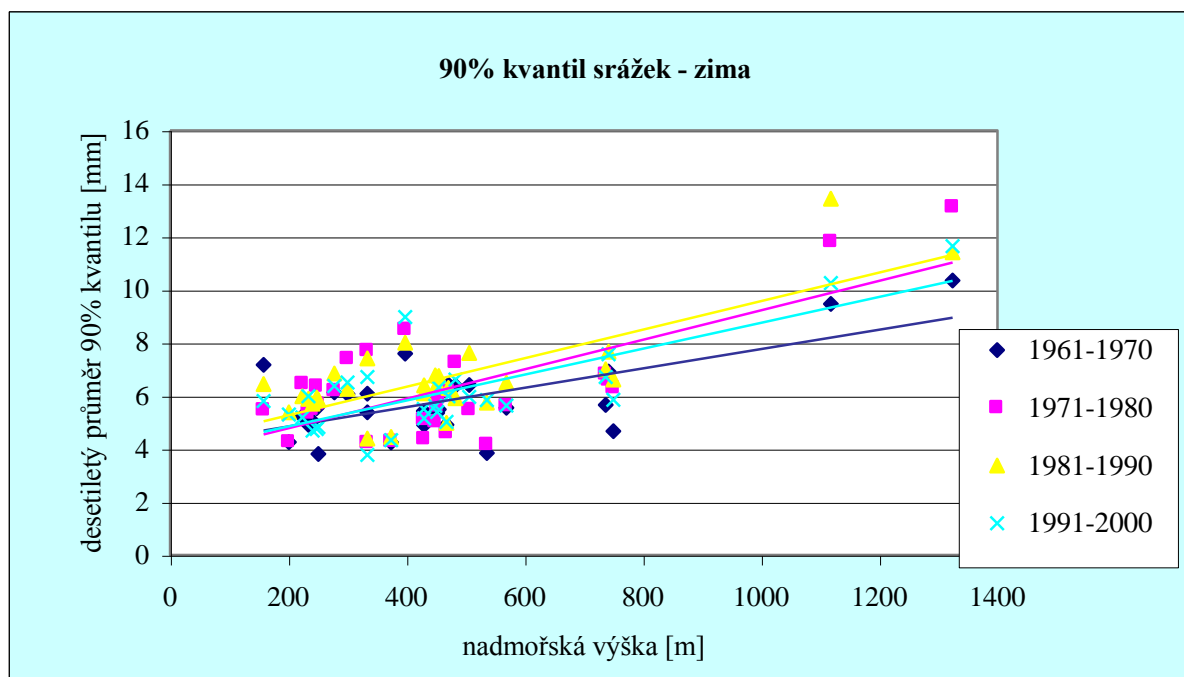
stanicích v menších nadmořských se počet dní v nejdelším období beze srážek v dané sezóně zpravidla snižuje, na stanicích ve větších nadmořských výškách, kromě horských, zvyšuje. Uvedené změny nejsou statisticky významné.

## 6.5 Závislost 90% a 95% kvantilu srážek na nadmořské výšce

Ze souboru denních úhrnů srážek za období 1961-2000 byly na všech vybraných stanicích vypočteny hodnoty 90% kvantilu srážek ( $R_{0,90}$ ) a 95% kvantilu srážek ( $R_{0,95}$ ) pro každý rok a sezónu roku. Z těchto hodnot pak byly spočteny průměry pro jednotlivá desetiletí a vynesena jejich závislost na nadmořské výšce. Hodnotil se jednak lineární trend a také časový vývoj kvantilů v dané nadmořské výšce.

### Závislost 90% kvantilu ( $R_{0,90}$ ) srážek na nadmořské výšce

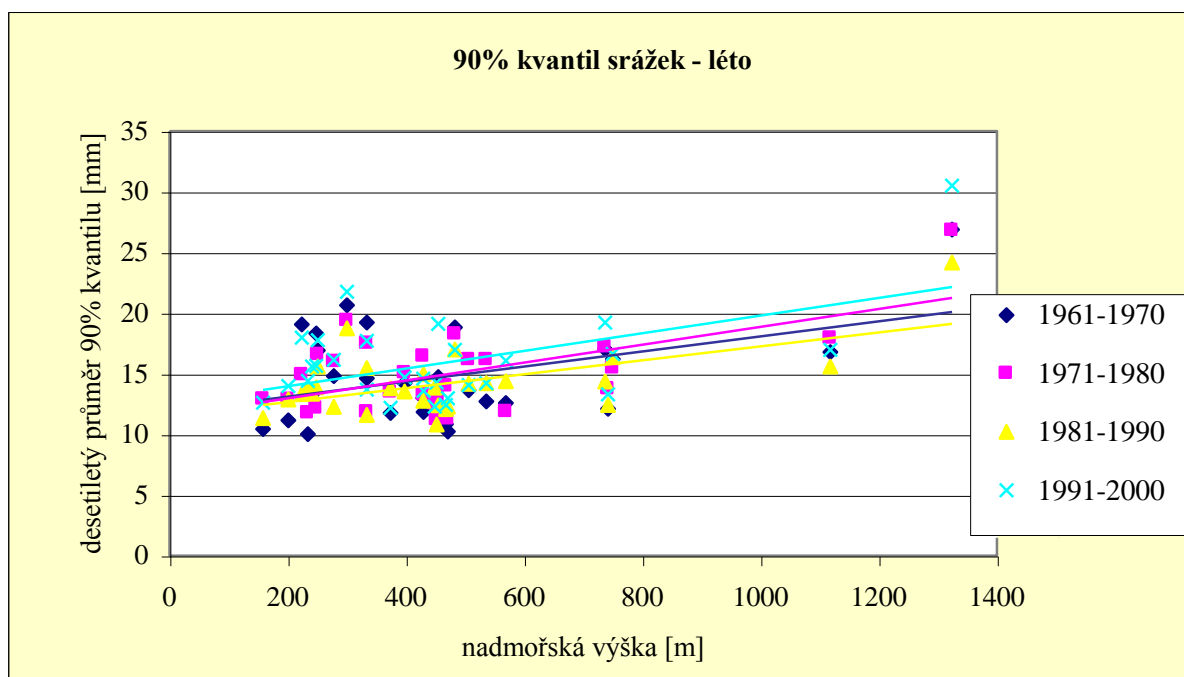
V zimě je nárůst průměrných desetiletých hodnot  $R_{0,90}$  s nadmořskou výškou nevýraznější ve II. a III. desetiletí, nejméně výrazný pak v I. desetiletí (nejmenší směrnice trendu). Nejvyšší průměry  $R_{0,90}$  v dané nadmořské výšce připadají zpravidla na III. nebo IV. desetiletí. Absolutně nejvyšší hodnota desetiletého průměru se vyskytla ve III. desetiletí na stanici Churáňov. Desetileté průměry na stanicích v nadmořské výšce do 600 m mají velký rozptyl, směrnice trendu je značně ovlivněna především průměry  $R_{0,90}$  na horských stanicích. Desetileté průměry  $R_{0,90}$  na stanicích v nadmořské výšce 600-800 m jsou nižší než odpovídá jejich nadmořské výšce na základě lineární závislosti, především v I. desetiletí (viz obr. 6.1). To je způsobeno právě vyššími desetiletými průměry  $R_{0,90}$  na horských stanicích, které zvětšují směrnici trendu.



Obr. 6.1: Závislost desetiletých průměrů 90% kvantilu srážek na nadmořské výšce v zimě.

Na jaře, v létě a na podzim mají desetileté průměry  $R_{0,90}$  na stanicích v nadmořských výškách do 600 m také velký rozptyl a směrnice lineárního trendu je opět ovlivněna stanicemi v nadmořské výšce nad 600 m, především Lysou horou. Nejvyšší průměrné hodnoty  $R_{0,90}$  se vyskytují právě na stanici Lysá hora ve IV. desetiletí. Vůbec největší desetiletý průměr připadá na Lysé hoře ve IV. desetiletí na léto, 31 mm (viz obr. 6.2). Podílí se na něm několikadenní srážková epizoda spojená s povodněmi v roce 1997 v této oblasti (pětidenní úhrn srážek činil 586 mm). Vysoké desetileté průměrné hodnoty  $R_{0,90}$  na Lysé hoře pak

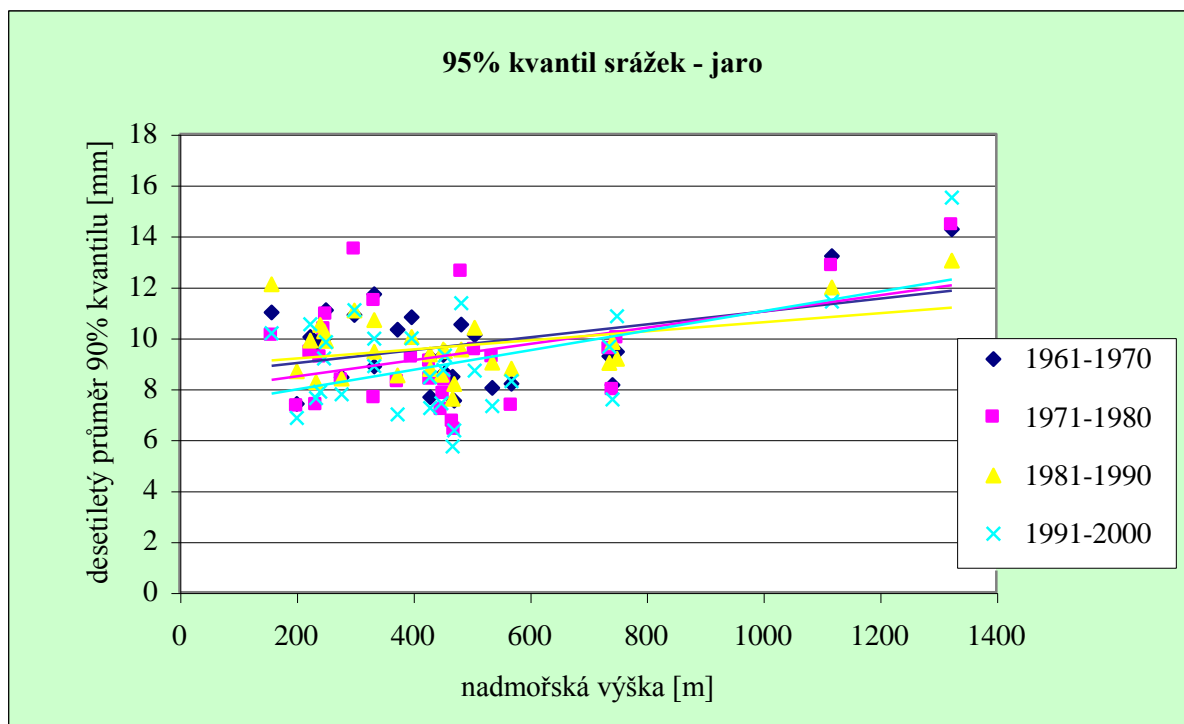
způsobují, že průměrné hodnoty 90% kvantilů na stanicích v nadmořské výšce 600-800 m a horská stanice Churáňov leží pod regresní přímkou.



Obr. 6.2. Závislost desetiletých průměrů 90% kvantilu srážek na nadmořské výšce v létě.

#### Závislost 95% kvantilu ( $R_{0,95}$ ) srážek na nadmořské výšce

V zimě, na jaře a na podzim je růst průměrných desetiletých hodnot  $R_{0,95}$  s nadmořskou výškou nejvýraznější v posledním desetiletí (směrnice trendu je největší). Směrnice lineárního trendu je podobně jako u 90% kvantilu srážek určena především horskými stanicemi, stanice v nadmořské výšce 600-800 m mají opět průměrné desetileté hodnoty  $R_{0,95}$  nižší než odpovídá jejich nadmořské výšce na základě lineárního trendu.



Obr. 6.3: Závislost desetiletých průměrů 95% kvantilu srážek na nadmořské výšce na jaře.

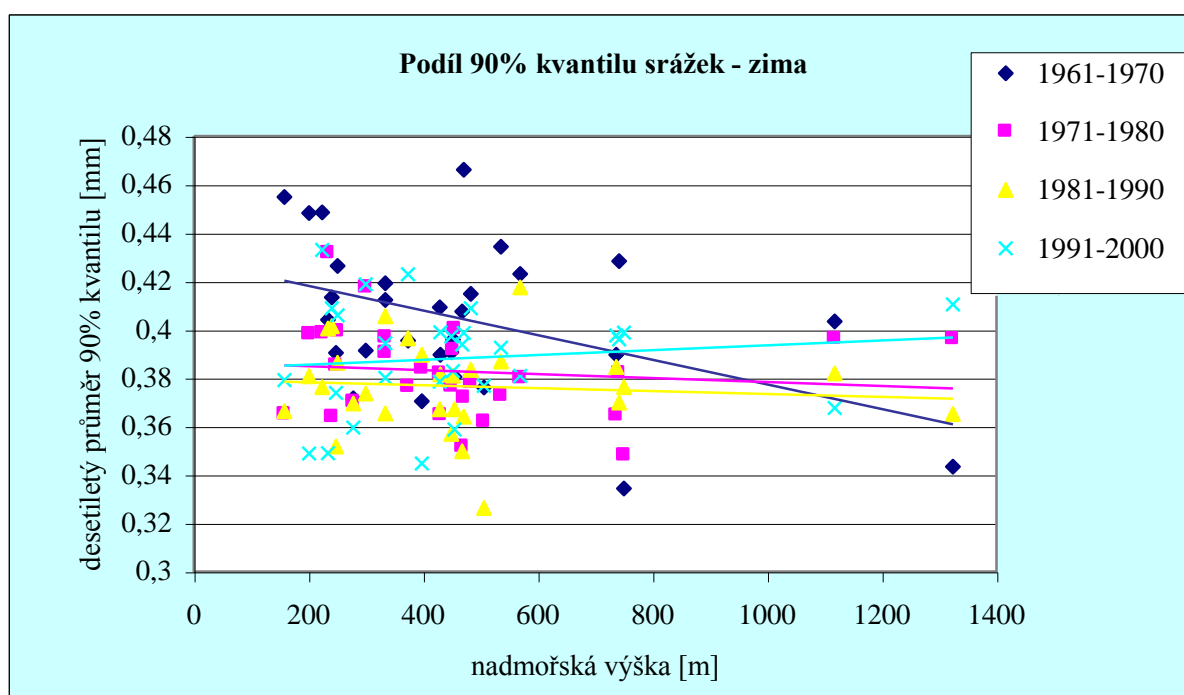
V zimě připadají vůbec nejvyšší hodnoty kvantilu na stanici Churáňov ve III. desetiletí, téměř stejně vysoké hodnoty má i Lysá hora ve II. desetiletí. Na jaře se nejvyšší průměrné hodnoty vyskytují ve IV. desetiletí a nejnižší ve III. desetiletí na horských stanicích a na stanicích v 600-800 m n.m. Na stanicích do 800 m n.m. je tomu naopak (viz obr. 6.3). V létě a na podzim vůbec nejvyšší průměrné hodnoty  $R_{0,95}$  připadají na poslední desetiletí na stanici Lysá hora.

**Shrnutí:** *Růst průměrných desetiletých hodnot 90% a 95% kvantilů srážek s nadmořskou výškou je patrný ve všech sezónách roku. To znamená, že srážkové úhrny, spadlé během výrazných srážkových epizod, se zvyšují s rostoucí nadmořskou výškou. Závislost není tak jednoznačná a růst není pravidelný v rámci jednotlivých desetiletí. Variabilita stanic do 600 m n.m. je velká a proložený lineární trend je ovlivňován stanicemi v nadmořské výšce nad 500 m, především horskými stanicemi. Poloha trendu je zčásti zkreslená, protože stanice nad 600 m n.m. nejsou rovnoměrně rozloženy, ale soustředí se zpravidla kolem výšky 700 m n.m.*

## 6.6 Závislost podílu srážkových úhrnů vyšších než 90% a 95% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období na nadmořské výšce

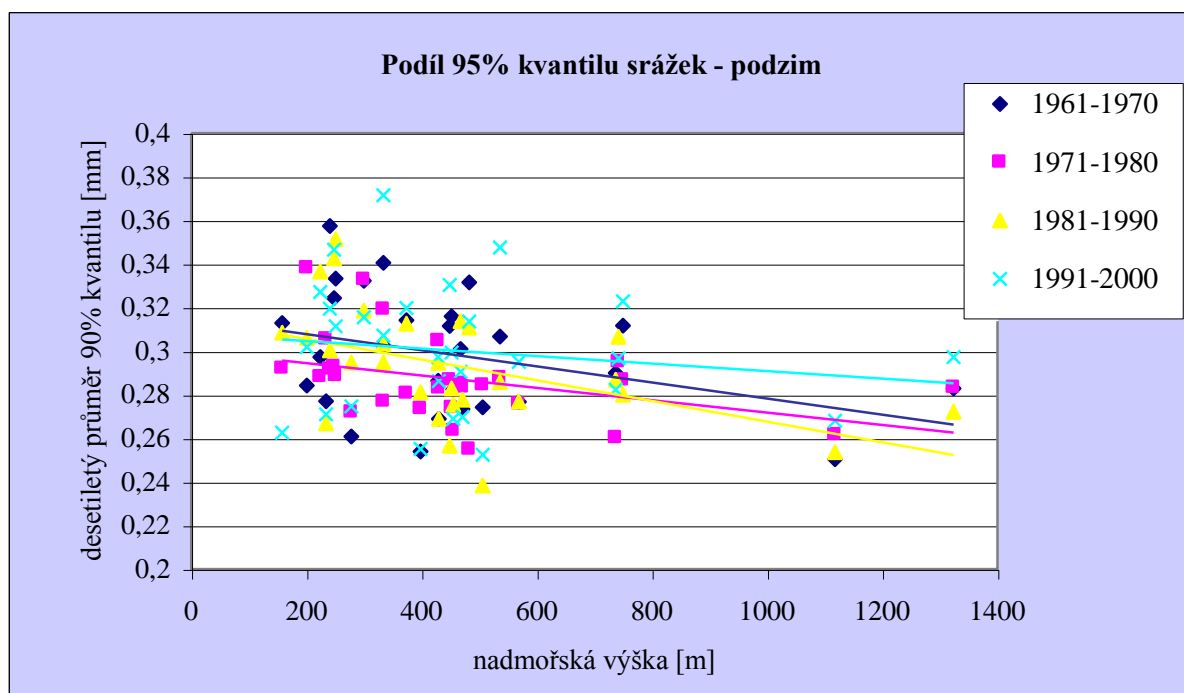
Pro každý rok a sezónu roku byl vypočítán podíl hodnoty  $R_{0,90}$  a  $R_{0,95}$  a hodnoty udávající celkový úhrn srážek za dané období (FRAC90 a FRAC95). Z těchto průměrů byl dále spočten desetiletý průměr a hodnoty vyneseny do grafu v závislosti na nadmořské výšce pro každou sezónu zvlášť.

Závislost na nadmořské výšce je pro podíl 90% kvantilu velmi podobná podílu 95% kvantilu. Desetileté hodnoty FRAC95 jsou samozřejmě nižší než FRAC90. Směrnice trendu má pro jednotlivá desetiletí různou hodnotu, liší se nejen velikostí, ale také znaménkem. Stanice v nadmořské výšce do 600 m nemají trend, jejich variabilita je velká. Proložená lineární závislost je dána jen stanicemi v nadmořské výšce 600-800 m, Churáňovem a Lysou horou. Výsledek je do značné míry také ovlivněn nedostatkem stanic a jejich nerovnoměrným rozložením v nadmořských výškách nad 600 m.



Obr.6.4: Závislost desetiletých průměrů PS90 na nadmořské výšce v zimě.

V zimě (viz obr. 6.4) se průměrné hodnoty FRAC90 a FRAC95 zmenšují s rostoucí nadmořskou výškou v I. desetiletí. Ve IV. desetiletí je lineární trend kladný, statisticky nevýznamný a ve II. a III. desetiletí se desetileté průměry FRAC90 a FRAC95 s výškou téměř nemění. Nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí na nížinných stanicích a na některých stanicích mezi 400-500 m n.m. To znamená, že extrémní srážky se na celkovém úhrnu srážek podílely nejvíce na těchto stanicích v zimě v I. desetiletí (rozpětí hodnot 37-47 % pro FRAC90 a 25-34 % pro FRAC65). Ve IV. desetiletí je četnost na těchto stanicích nižší (34-42 % pro FRAC90 a 21-30 % pro FRAC95). Podobně se chová horská stanice Churáňov. Druhá horská stanice, Lysá hora, má v zimě naopak nejvyšší podíl extrémních srážek na celkovém úhrnu ve IV. desetiletí (FRAC90 41% a FRAC95 27%) a nejnižší v I. desetiletí (FRAC90 34% a FRAC95 23%). Nejnižší desetiletý průměr FRAC90 připadá v zimě na III. desetiletí na stanicích v nadmořské výšce 400-500 m (rozpětí hodnot 32-40%). V dané nadmořské výšce připadají nejvyšší desetileté průměry na většině stanic na I. desetiletí. Na jaře dochází k nevýraznému poklesu desetiletých průměrů podílů kvantilů s nadmořskou výškou ve všech desetiletích. Celkově největší rozptyl hodnot připadá na stanice v nadmořské výšce do 400 m (FRAC90 nabývá hodnoty od 36 do 51 % a FRAC95 od 24 do 38 %). Vůbec nejnižší průměrné desetileté hodnoty FRAC90 a FRAC95 se vykytují na Churáňově v I. desetiletí (40 % FRAC90 a 22 % FRAC95) a nevyšší na stanice ve 250-400 m n.m ve III. desetiletí (51 % FRAC90 a 38 % FRAC95). Na léto připadají vůbec nejvyšší desetileté průměry obou charakteristik. V I. a II. desetiletí se desetileté průměry FRAC90 a FRAC95 s nadmořskou výškou nemění, ve III. desetiletí je lineární trend záporný, ve IV. desetiletí roste. Trendy nejsou statisticky významné. Celkově nejvyšší desetileté průměrné hodnoty (tedy největší podíl extrémních srážkových úhrnů na celkovém úhrnu srážek) FRAC90 připadají na stanici Lysá hora v I. a IV. desetiletí (46%) a na stanice v nadmořské výšce 500 m pro desetileté průměry charakteristiky FRAC95 (34%). Na podzim (viz obr. 6.5) se průměrné hodnoty za desetiletí charakteristik FRAC90 a FRAC95 mění jen nevýrazně. Pokles hodnot s nadmořskou výškou není statisticky významný. Celkově nejvyšší desetileté průměry FRAC90 a FRAC95 připadají na podzim na poslední desetiletí (desetileté průměrné hodnoty kolísají mezi 38-49 % pro FRAC90 a 25-37 % pro FRAC95). Časový vývoj desetiletých průměrů FRAC90 a FRAC95 v dané nadmořské výšce je na stanicích na jaře, v létě a na podzim zpravidla různý.



Obr. 6.5: Závislost desetiletých průměrů PS95 na nadmořské výšce na podzim.

***Shrnutí:*** *Lineární trend závislosti FRAC90 a FRAC95 na nadmořské výšce není statisticky významný. Stanice v menších nadmořských výškách mají velký rozptyl a směrnice trendu je pak dána desetiletými průměrnými hodnotami FRAC90 a FRAC95 na stanicích v nadmořských výškách nad 600 m. Protože nejsou stanice v nadmořských výškách rovnoměrně rozloženy, je lineární trend zkreslen. Lineární trendy jsou zpravidla záporné nebo se vůbec nevyskytují, tedy největší procento velkých srážkových úhrnů ku celkovým srážkám není nejvyšší na stanicích ve vyšších nadmořských výškách, ale spíše naopak na stanicích v nadmořských výškách do 500 m n.m. Protože velké srážkové úhrny s nadmořskou výškou rostly, znamená to, že na stanicích ve větších nadmořských výškách jsou úhrny spadlé během silných srážek vyšší než na stanicích v menších nadmořských výškách, ale nepodílí se tak významně na celkových srážkách, jako právě na stanicích v menších nadmořských výškách.*



## Kapitola 7

# Porovnání vybraných charakteristik na stanicích ČR s výstupy modelu RegCM3

### 7.1 Teplotní charakteristiky

#### Rozdělení denních maximálních a minimálních teplot vzduchu

Na vybraných stanicích ČR a v odpovídajících uzlových bodech modelu RegCM3 byly pro projekt GAČR 205/03Z024 spočítány robustní charakteristiky polohy rozdělení (medián), rozptylu (mezikvartilové rozpětí) a absolutní rozpětí hodnot souborů denních maximálních a denních minimálních teplot vzduchu. Vedle toho byly počítány robustní míry šikmosti a špičatosti založené na hodnotách kvantilů (viz 4.3). Výpočty byly provedeny pro čtyři sezóny roku a čtyři desetiletá období 1961-2000 pro stanice Žatec, Liberec, Havlíčkův Brod, Kuchařovice a Lysá Hora a příslušné uzlové body. Chování statistických rozdělení bylo rovněž sledováno pomocí histogramů.

Podle Halenka (2004) má model *na jaře* tendenci středy rozdělení denních maximálních teplot vzduchu posunovat doleva (podhodnocovat TMAX). Medián vypočítaný z modelových hodnot je tedy nižší než medián měřených teplot. V uzlových bodech v blízkosti Kuchařovic a Havlíčkova Brodu, se srovnatelnou nadmořskou výškou jako je výška stanice, podhodnocuje RegCM3 medián o 2,5 °C. Pokud je nadmořská výška modelového bodu vyšší než stanice, je podhodnocení větší, u Žatce (uzlový bod o 200 m výše) činí 4,3°C. V Liberci (uzlový bod o 80 m níže) je rozdíl mezi mediány menší, 1,5 °C, u Lysé hory je naopak medián v uzlovém bodě 5539 o téměř 4 °C vyšší. Modelová mezikvartilová odchylka je o 1,5 až 2 °C nižší než mezikvartilová odchylka na stanicích, absolutní rozpětí může být menší až o 9 °C. U denních minimálních teplot vzduchu je shoda mezi rozděleními modelových hodnot a pozorovaných teplot dobrá. V uzlových bodech u Kuchařovic a Havlíčkova Brodu se srovnatelnou nadmořskou výškou jako je výška stanice, jsou středy rozdělení (mediány) i mezikvartilová rozpětí stejné, v uzlovém bodě u Liberce je medián o 0,9 °C vyšší, což je v souladu s nižší nadmořskou výškou tohoto bodu, u Žatce je modelový medián o 0,6°C nižší a u Lysé hory o 3 °C vyšší. Rozdíly mezi stanicemi a uzlovými body jsou tedy způsobeny především rozdíly mezi skutečnými a modelovými nadmořskými výškami. Absolutní rozpětí je u modelu menší.

V *létě* jsou středy rozdělení denních maximálních teplot výrazně posunuty doleva, model TMAX podhodnocuje více než na jaře. Rozdíl mezi mediány činí cca 4,5 °C, pokud je nadmořská výška uzlového bodu a stanice srovnatelná, v Žatci již 6,6 °C, v Liberci 3,5 °C. U Lysé hory je modelová hodnota vyšší pouze o 1,5 °C. Mezikvartilové rozpětí je u modelu přibližně o 2 až 3 °C menší, absolutní rozpětí je menší až o 4 °C.

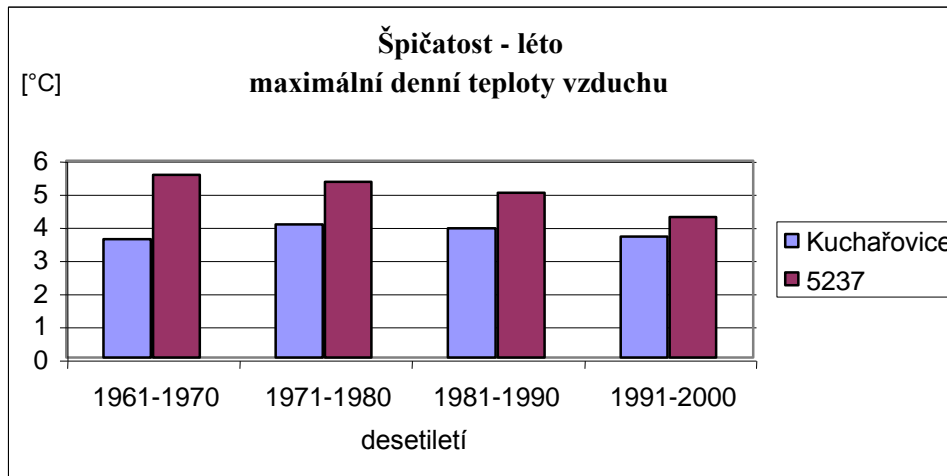
Na *podzim* jsou mediány modelových maximálních teplot většinou menší než mediány měřených teplot, většinou jsou ale rozdíly mezi nimi menší než v létě (2-3 °C). Výjimkou je stanice Havlíčkův Brod, kde naopak je modelové rozdělení posunuto doprava oproti rozdělení měřených teplot. U Lysé hory je model o 2,2 °C teplejší. Mezikvartilové rozpětí je opět u modelu menší (o 2-3 °C), absolutní rozpětí hodnot je menší o 8-10 °C. Soubory modelových denních minimálních teplot odpovídají souborům měřených teplot. Výjimkou je opět stanice Havlíčkův Brod, kde je modelový medián o 2,7 °C vyšší než na stanici. Modelová absolutní rozpětí jsou opět mnohem nižší.

Mediány denní maximální teploty vzduchu TMAX v zimě jsou větší v uzlových bodech příslušejících stanicím Liberec, Lysá hora a Kuchařovice. Mediány TMAX v uzlových bodech 4841 a 5139 jsou naopak menší než mediány TMAX v příslušných stanicích, v Žatci a Havlíčkově Brodě. Mediány TMIN jsou v uzlových bodech vždy větší než na odpovídajících stanicích. Posun se pohybuje zpravidla okolo 1 °C. Na Lysé hoře je ale rozdíl 4,1 °C. Mezikvartilové rozpětí je ve všech vybraných bodech menší než na příslušných stanicích, rozdíly se pohybují do 2 °C. Také absolutní rozpětí je v uzlových bodech menší než na příslušných stanicích, největší rozdíl připadá na Havlíčkův Brod a jemu příslušný bod 5539. Rozpětí TMIN se liší o 9,0 °C.

**Shrnutí:** Shoda modelových rozdělení denních minimálních teplot vzduchu je mnohem lepší než u denních maximálních teplot. Soubory v uzlových bodech se srovnatelnou nadmořskou výškou jako stanice mají rozdělení velmi podobná rozdělením TMIN na stanicích, jen absolutní rozpětí modelových hodnot je menší. Z histogramů je patrné, že v uzlových bodech RegCM3 jsou histogramy užší než na příslušných stanicích. Toto zúžení se projevilo na obou koncích rozdělení symetricky, případně došlo k nevýraznému posunu středů rozdělení směrem k vyšším nebo nižším hodnotám. K posunu středů rozdělení TMIN směrem k vyšším hodnotám došlo v uzlových bodech v blízkosti Havlíčkova Brodu a Kuchařovic, k posunu rozdělení TMAX k nižším hodnotám v uzlových bodech 4841 u Žatce a 5539 u Havlíčkova Brodu.

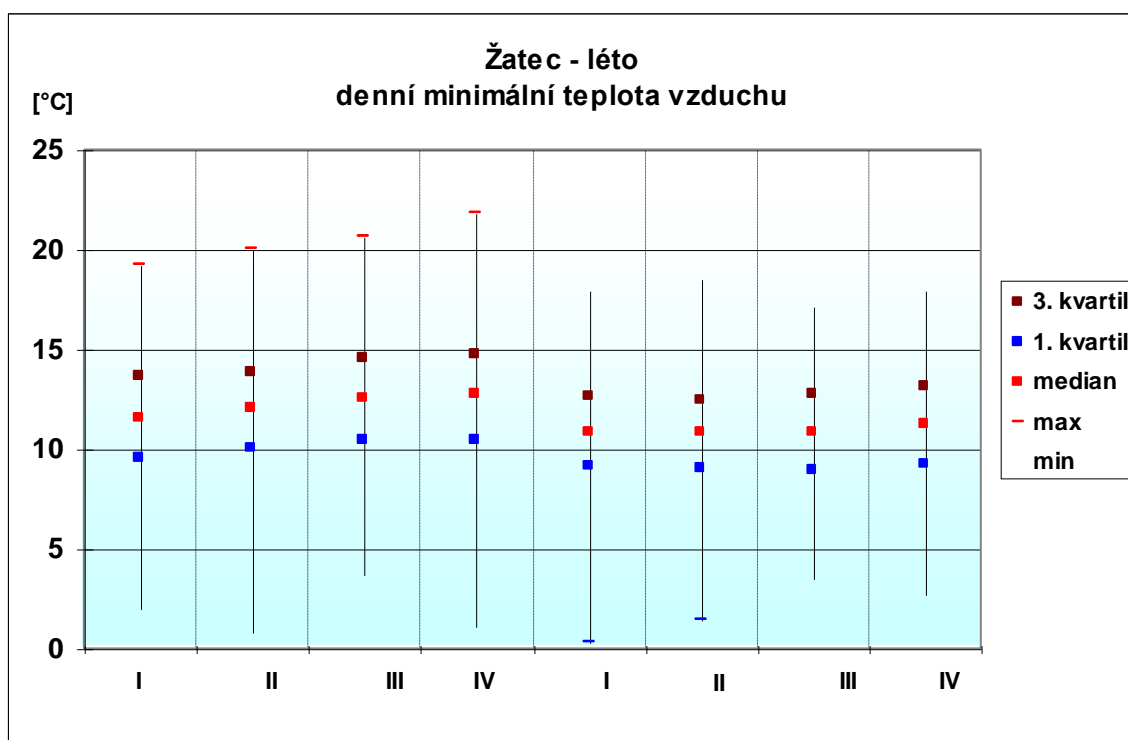
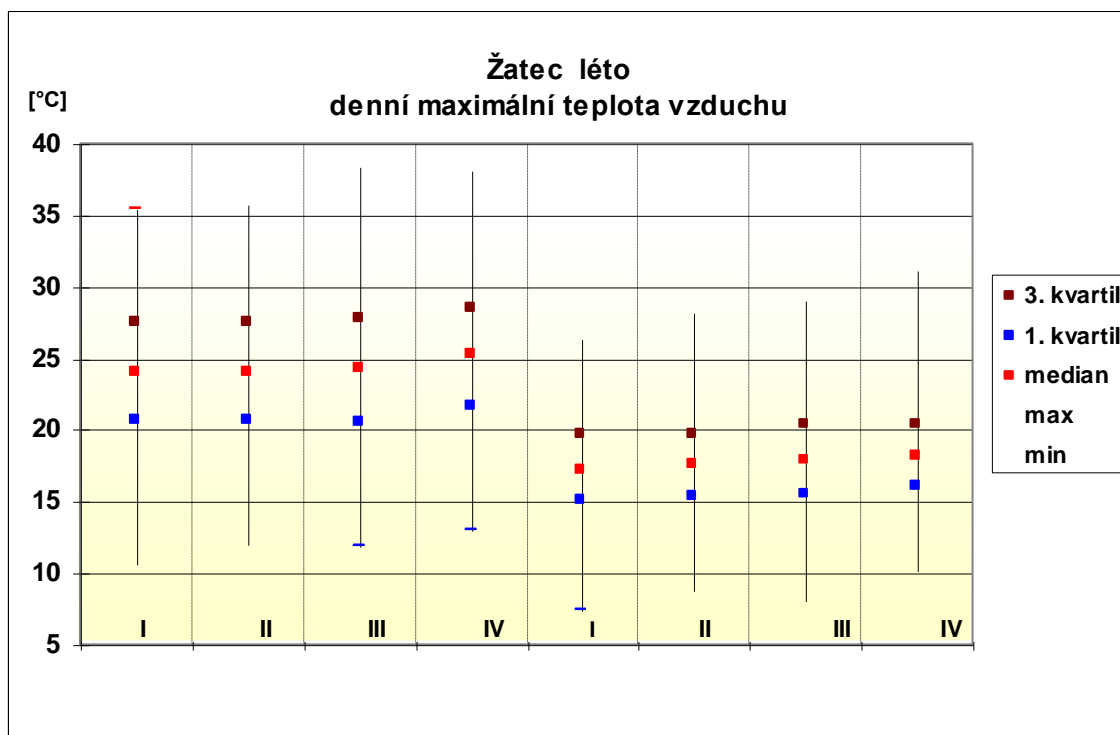
### Šikmost a špičatost souborů

Mezi šikmostmi modelových a měřených teplot vzduchu nebyla podle Halenka (2004) nalezena jasná souvislost, znaménko i hodnoty šikmosti se mění jak u sezón, tak u desetiletí. Modelové soubory denních maximálních teplot vzduchu mají zpravidla větší špičatost (obr.7.1) než soubory měřených teplot, u denních minimálních teplot je tomu naopak.



Obr. 7.1: Špičatost souborů denních maximálních teplot vzduchu na stanici Kuchařovice a v uzlovém bodě 5237

Změny desetiletých průměrů parametrů modelových a pozorovaných teplot jsou vyznačeny na obr. 7.2. Rostoucí trendy středů rozdělení model RegCM3 zachytil. Z obr. 7.2. je zároveň patrné podhodnocování hodnot mediánu modelem (modelové hodnoty - čtyři sloupce na pravé straně grafu).



Obr. 7.2. Charakteristiky rozdělení měřených a modelových teplot vzduchu pro čtyři desetiletí období 1961 – 2000. Desetiletí jsou označena římskými číslicemi, soubory měřených teplot vzduchu jsou na levé straně grafu, modelové na pravé straně.

### Korelační koeficienty denních maximálních, minimálních a průměrných teplot vzduchu

Pro období 1961-2000 byly vypočteny hodnoty klasických (Pearsonových) korelačních koeficientů  $r$  (viz 4.3) mezi časovými řadami odchylek denních maximálních, minimálních a průměrných teplot vzduchu od průměrů za celé období na stanicích Žatec, Havlíčkův Brod a Lysá hora a odpovídajícími řadami odchylek v jejich nejbližších uzlových bodech.

TMAX	ZAT	HB	LH
jaro	0,88	0,89	0,88
léto	0,79	0,79	0,77
podzim	0,86	0,91	0,90
zima	0,67	0,76	0,76

TMIN	ZAT	HB	LH
jaro	0,80	0,83	0,87
léto	0,60	0,64	0,72
podzim	0,78	0,81	0,87
zima	0,70	0,70	0,73

TPRUM	ZAT	HB	LH
jaro	0,92	0,92	0,85
léto	0,84	0,84	0,82
podzim	0,89	0,92	0,90
zima	0,76	0,79	0,75

Tab. 7.1: Hodnoty korelačních koeficientů pro stanice Žatec, Havlíčkův Brod a Lysá hora.

Nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů připadají na jaro a podzim, kdy se jejich hodnoty pohybují mezi 0,78-0,92 (viz tab. 7.1). V létě a v zimě jsou hodnoty korelačního koeficientu nižší (0,60-0,84). Nejlépe si odpovídají časové řady odchylek maximální a průměrné teploty v Havlíčkově Brodě a uzlovém bodě v jeho blízkosti. Stanice i uzlový bod mají stejnou nadmořskou výšku. Časové řady odchylek minimální teploty od průměru si nejlépe odpovídají na stanici Lysá hora a uzlovém bodě v její blízkosti. To je patrně dáno mnohem nižší modelovou nadmořskou výškou, což kompenzuje podhodnocování minimální teploty vzduchu.

**Shrnutí:** *Jak je patrné z tab. 7.1 hodnoty korelačních koeficientů jsou ve všech sezónách roku poměrně vysoké. Měřené a modelové teploty tedy dobře korelují.*

#### **Průměrná denní amplituda teploty (DTR)**

Model RegCM3 má tendenci DTR ve třech uzlových bodech podhodnocovat. Např. v uzlových bodech 4841 a 5139 je desetiletý průměr DTR v zimě a na podzim nižší přibližně o 2 - 3 °C, na jaře a v létě činí rozdíl 3 - 5 °C. V létě se modelové průměry denní amplitudy pohybují mezi 6,5 - 7,5 °C, zatímco na stanicích Žatec a Havlíčkův Brod jejich hodnoty kolísají kolem 12 °C. Rozdíly mezi modelem a stanicemi jsou mj. dány tím, že RegCM3 výrazněji podhodnocuje TMAX. Pro uzlové body v nižší nadmořské výšce model dává růst průměrné denní amplitudy teploty vzduchu v zimě, na jaře a v létě, ačkoliv na stanicích je tomu v zimě a v létě právě naopak. Statisticky významný podzimní pokles DTR však RegCM3 zaznamenal. V modelovém bodě 5539 dává RegCM3 růst amplitudy v létě a pokles na podzim, což je v souladu s výsledky získanými z měřených teplot, na jaře a v zimě jsou však trendy opačné. Hodnoty DTR na stanici Lysá hora jsou přibližně stejné, případně o něco nižší než v uzlovém bodě. Rozdíl mezi staničními a modelovými průměry je nejvýše 0,5 °C. Dobrá shoda hodnot je dána především tím, že uzlový bod má podstatně menší nadmořskou výšku než stanice, což kompenzuje podhodnocování DTR modelem.

#### **Maximální roční/sezónní amplituda teploty (EDTR)**

Na jaře a na podzim dochází ve třech sledovaných uzlových bodech, stejně jako na stanicích, ke zmenšování maximální sezónní amplitudy, v zimě a v létě ke zvyšování. Změny z desetiletí na desetiletí jsou podobné chování EDTR vypočítané z měřených teplot, jejich hodnoty model ale výrazně podhodnocuje. V některých uzlových bodech RegCM3 jsou např. desetileté průměry EDTR o 5-10 °C nižší než na stanicích. Největší rozdíly najdeme na jaře a v létě mezi uzlovým bodem 5139 a stanicí Havlíčkův Brod (na jaře 34-38 °C na stanici a 26-29 °C v uzlovém bodě). Nejlepších výsledků model dosáhl na stanici Lysá hora, kdy uzlový bod je podstatně níže než je nadmořská výška stanice a podhodnocení se tolik neprojevilo.

## **Délka vegetačního období (GSL)**

Celkově lze říci, že RegCM3 délky širšího vegetačního období pro stanice v nižší nadmořské výšce spíše podhodnocuje, často k tomu ale přispívá především vyšší nadmořská výška modelových bodů. Modelové průměrné délky vegetačního období v uzlovém bodě 5139, který leží poblíž stanice Havlíčkův Brod a má srovnatelnou výšku, se dobře shodují se staničními daty. Modelové desetileté průměry v bodě 4841 (400 m n.m.) se pohybují mezi 216 až 225 dny a jsou o 9-18 dní nižší oproti průměrům na stanici Žatec (201 m n.m.). Na Lysé hoře se pohybuje délka širšího vegetačního období pouze mezi 152-160 dny, desetileté průměry spočítané z modelových dat (uzlový bod má výšku 450 m) ji převyšují až o 50 dní. Na stanicích v nižších nadmořských výškách a na horských stanicích se délka širšího i užšího vegetačního období v letech 1961 – 2000 zpravidla prodlužuje. Model dává prodloužení délky širšího vegetačního období, ale zkrácení délky užšího vegetačního období. U některých stanic ve středních nadmořských výškách (400-600 m) dochází v období 1961-2000 ke zkracování širšího vegetačního období, totéž dává model. Prodlužování užšího vegetačního období u těchto stanic však model nezachytil (Havlíčkův Brod). Změny průměrných desetiletých délek vegetačního období mají na jednotlivých stanicích odlišné chování, zejména v závislosti na nadmořské výšce stanice. V uzlových bodech 4841 (u Žatce) a 5139 (u Havlíčkova Brodu) změny desetiletých průměrů širšího vegetačního období odpovídají příslušným změnám na stanici, u užšího vegetačního období jen v uzlovém bodě 5139. Na Lysé hoře se změny desetiletých průměrů výrazně liší od průběhu modelových. Délku letní sezóny (průměrné denní teploty vzduchu nad 15 °C) nebylo možné z modelových dat spočítat ani pro uzlový bod 4841 nedaleko Žatce (201 m n.m.), který má nadmořskou výšku 400 m, ačkoliv se letní období nevyskytuje až na stanicích v nadmořských výškách větších než 800-900 m (Podnebí ČSSR, 1969). Vypočítat se však dala délka sezóny s průměrnými denními teplotami nad 14 °C. Pravděpodobnou příčinou nejsou pouze celkově nižší průměrné teploty, které dává model (viz 7.1), ale především velká proměnlivost modelových hodnot ze dne na den.

## **Počet dní v horkých vlnách (HWDI)**

Ve všech třech zvolených uzlových bodech RegCM3 vykazuje HWDI v zimě, na jaře a v létě kladný trend (v zimě statisticky významný), tedy počet dní v horké vlně v období 1961-2000 postupně roste. Na podzim je lineární trend záporný, statisticky nevýznamný ve všech třech uzlových bodech. Trendy na stanicích jsou podobné, model tedy dobře zachytil rostoucí počet dní v horkých vlnách na jaře, v létě a v zimě a pokles jejich počtu na podzim. Počet dní v horké vlně model, až na výjimky, výrazně podhodnocuje (i na polovinu). Zvýšený výskyt horkých vln v letech 1976, 1992 a 1994 model dokázal zachytit, ačkoliv počet dní těchto horkých vlnách opět výrazně podhodnotil.

## **Počet dní ve studených vlnách (CWDI)**

Lineární trendy modelových počtů dní ve studených vlnách jsou (kromě podzimu) záporné, zpravidla statisticky nevýznamné ve všech ročních obdobích. Počet dní ve studené vlně tedy zpravidla, stejně jako na stanicích, klesá. Záporné trendy CWDI na stanicích nejsou ve většině případů statisticky významné. Z obvyklého chování stanic se vymyká Lysá hora, kde se objevují na jaře a na podzim kladné, statisticky nevýznamné trendy, tj. počet dní ve studených vlnách roste. Desetileté průměry CWDI kolísají z desetiletí na desetiletí ve sledovaných uzlových bodech RegCM3 podobně jako na stanicích. Pouze na jaře v uzlovém bodě 5539 dochází k postupnému poklesu hodnot z desetiletí na desetiletí, čímž se liší od chování staničních průměrů. Na zimu roku 1962/63 připadá největší počet dní ve studené vlně. Jejich počet se pohybuje mezi 50-53 dny. Tyto hodnoty se velmi dobře shodují s hodnotami ze staničních dat. Nejnižší hodnota, 50 dní, připadá překvapivě na bod 5539 u Lysé hory. Počet dní ve studené vlně model podhodnocuje, nejvýrazněji v zimě. Například v zimě v I. desetiletí, kdy se na stanicích vyskytuje přibližně 15 dní ve studené vlně, model

dává hodnoty o 3-4 dny nižší. V ostatních ročních obdobích podhodnocení není tak výrazné. Průběhy změn z desetiletí na desetiletí jsou zpravidla podobné staničním.

### **Délka mrazové sezóny (DMS)**

Lineární trendy modelových délek mrazové sezóny jsou záporné, statisticky nevýznamné. Délka mrazové sezóny se tedy zkracuje. Stejně tak je tomu na stanicích, kde jsou ale změny statisticky významné (s výjimkou Lysé hory). Celkově je délka mrazové sezóny, spočítaná modelem zpravidla kratší, než na stanicích. Např. v uzlovém bodě 5139 nevyšší hodnoty desetiletých průměrů připadají na II. desetiletí (206 dní), nejnižší na IV. desetiletí (186 dní). Stanice Havlíčkův Brod se chová odlišně, nejvyšší desetileté průměry sice připadají také na II. desetiletí, ale hodnoty jsou menší (226 dní), nejnižší desetileté průměry se objevují ve III. desetiletí (198 dní). V uzlovém bodě 4841 u Žatce se model buď shoduje s délkou mrazové sezóny na stanici, nebo ji v některých desetiletích mírně nadhodnocuje (vliv vyšší modelové nadmořské výšky).

***Shrnutí:*** Model má u šesti výše uvedených charakteristik tendenci jejich hodnoty podhodnocovat. Např. počet dní v horkých/teplých vlnách v některých sezónách podhodnotil na některých stanicích i o polovinu. U studených/chladných vln se model více přiblížil skutečnosti, než je tomu u horkých vln a poměrně dobře zachytil pokles počtu dní ve studených vlnách v období 1961 - 2000, ke kterému dochází na všech stanicích bez ohledu na jejich nadmořskou výšku (zpravidla kromě podzimu na horských stanicích, což model dokázal odhalit).

### **Kvantily denní maximální teploty vzduchu**

#### **10% kvantil denní maximální teploty vzduchu (10pTMAX)**

Lineární trendy jsou ve třech vybraných uzlových bodech v zimě, na jaře a v létě kladné, na podzim je trend záporný, tedy hodnota 10pTMAX na podzim klesá, v ostatních ročních obdobích roste. Změny jsou zpravidla statisticky významné pouze v zimě. Podobné chování mají i stanice, pokud jsou změny statisticky významné, tak především v létě a na jaře, v zimě pouze na Lysé hoře. Změny hodnot desetiletých průměrů z desetiletí na desetiletí odpovídají změnám na stanicích. V zimě, na jaře a v létě hodnoty desetiletých průměrů postupně rostou, na podzim postupně klesají (jsou v souladu s trendy). Na jaře a v létě jsou desetileté průměry 10pTMAX spočtené z modelových dat nižší o 2-6 °C (největší rozdíl se projevuje v létě) oproti příslušným kvantilům na stanicích Žatec a Havlíčkův Brod, na podzim a v zimě je shoda zpravidla lepší (viz tab. 7.2). RegCM3 hodnoty 10% kvantilů podhodnocuje, u některých stanic k rozdílům přispívá i to, že model má v blízkosti stanic vyšší nadmořskou výšku, léta jsou tedy chladnější a naopak zimy nemusí být tak chladné, jako v nižších polohách (výskyt inverzí).

#### **90% kvantil denní maximální teploty vzduchu (90pTMAX)**

Lineární trendy jsou opět v zimě, na jaře a v létě kladné, na podzim záporné, stejně jako na stanicích. Změny jsou však nyní, na rozdíl od 10% kvantilů, zpravidla statisticky významné. Na stanicích jsou však změny statisticky významné pouze v zimě. Změny modelových desetiletých průměrů 90% kvantilů z desetiletí na desetiletí přibližně odpovídají změnám průměrů na stanicích. V zimě, na jaře a v létě dochází k nárůstu hodnot desetiletých průměrů, nebo se ve IV. desetiletí projevuje pouze slabý pokles oproti III. desetiletí. Na podzim hodnoty z desetiletí na desetiletí kolísají. Nejvyšší desetileté průměry připadají na I. desetiletí. V uzlovém bodě 4148 na jaře a v létě až o 8 °C, v zimě je rozdíl menší. Na nižších hodnotách se kromě tendence modelu podhodnocovat TMAX projevuje i vliv nadmořské výšky. Tento uzlový bod RegCM3 má nadmořskou výšku 400 m, Žatec leží pouze 200 m n.m. V uzlovém bodě 5139, kde je modelová nadmořská výška (450 m) stejná s nadmořskou výškou stanice Havlíčkův Brod, jsou tyto rozdíly menší, na jaře a v létě do 5 °C. V bodě 5539, který má

naopak oproti Lysé hoře (1324 m n.m.) mnohem nižší výšku (450 m) je shoda hodnot nejlepší. Více viz tab. 7.3.

	4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-4,2	1,9	13,3	3,3	-1,0	-4,0	4,9	17,9	4,4	0,3
1971-1980	-1,9	2,7	13,6	2,8	0,7	-2,0	5,8	18,1	4,8	1,9
1981-1990	-2,3	3,3	13,6	3,1	0,6	-3,2	6,1	18,0	4,5	1,4
1991-2000	-2,0	3,6	14,0	2,4	0,7	-2,2	6,8	19,4	4,1	1,9

	5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-4,9	1,3	13,3	2,9	-1,5	-5,4	2,5	15,9	3,5	-1,3
1971-1980	-2,6	2,4	13,6	2,1	-0,1	-3,0	3,5	15,7	2,7	0,3
1981-1990	-2,9	2,6	13,7	2,3	0,0	-4,0	4,2	16,1	3,2	-0,2
1991-2000	-2,5	3,4	14,2	1,5	0,1	-3,5	4,6	17,1	2,9	0,4

	5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-5,6	1,1	13,4	2,8	-2,0	-10,7	-3,3	8,5	-1,2	-5,8
1971-1980	-3,2	2,1	13,6	1,8	-0,5	-7,2	-2,9	8,9	-2,4	-4,3
1981-1990	-3,5	2,5	13,7	1,8	-0,7	-8,7	-2,5	8,9	-1,8	-4,9
1991-2000	-2,9	2,9	14,2	1,2	-0,3	-7,7	-2,7	10,6	-1,9	-4,3

Tab. 7.2: Desetileté průměry 10% kvantilů TMAX pro vybrané stanice a uzlové body

	4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	4,4	15,7	21,2	17,4	18,8	6,9	23,1	30,1	22,7	26,1
1971-1980	6,3	16,5	21,4	16,1	18,9	8,4	22,9	29,9	22,1	25,9
1981-1990	6,8	17,6	22,3	17,0	19,4	9,2	23,8	30,2	21,9	26,5
1991-2000	7,3	17,2	22,6	16,3	19,5	10,0	24,7	31,2	22,4	27,3

	5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	3,6	15,6	21,5	17,2	18,9	4,8	21,2	27,6	21,3	24,1
1971-1980	5,2	16,4	21,3	16,0	18,8	6,5	20,9	27,5	20,9	23,8
1981-1990	5,8	17,2	22,3	16,8	19,4	7,2	21,4	27,9	21,1	24,3
1991-2000	6,5	17,2	23,1	16,0	19,7	8,0	22,3	29,2	20,7	25,3

	5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	2,4	15,6	21,7	16,6	18,8	0,6	14,8	21,9	16,4	18,1
1971-1980	4,4	16,5	21,2	15,4	18,8	2,6	14,7	20,9	15,2	17,5
1981-1990	4,9	17,5	22,3	16,5	19,3	2,9	15,6	21,9	15,5	18,3
1991-2000	4,8	17,1	23,6	15,6	19,9	3,8	15,7	23,1	15,1	19,2

Tab. 7.3: Desetileté průměry 90% kvantilů TMAX pro vybrané stanice a uzlové body.

**Shrnutí:** Model v souhrnu podhodnocuje 90% kvantily denní maximální teploty vzduchu více než 10% kvantily. Modelu se podařilo zpravidla zachytit charakter změn z desetiletí na desetiletí i znaménka lineárních trendů.

## Kvantily denní minimální teploty vzduchu

### 10-procentní kvantil denní minimální teploty vzduchu (10pTMIN)

Lineární trendy modelového 10% kvantilu jsou ve všech třech uzlových bodech v zimě, na jaře a v létě kladné, na jaře ve dvou bodech statisticky významné. Na stanicích se nárůst projevuje ve všech ročních obdobích, na jaře a v létě je statisticky významný. Model tedy správně odhalil nárůst hodnot 10pTMIN v zimě, na jaře a v létě. Charaktery změn 10pTMIN z desetiletí na desetiletí jsou v uzlových bodech podobné jako na stanicích. Hodnoty kvantilů však RegCM3 výrazně nadhodnocuje. Více tab. 7.4.

	4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-9,4	-3,3	7,6	-1,1	-5,0	-12,1	-3,4	7,8	-1,7	-6,1
1971-1980	-6,8	-1,8	7,6	-1,3	-3,0	-9,2	-2,2	8,3	-1,2	-3,5
1981-1990	-7,6	-1,9	7,6	-1,0	-3,5	-11,0	-2,3	8,9	-1,2	-4,4
1991-2000	-6,8	-1,6	7,7	-2,0	-3,0	-9,4	-1,6	8,7	-1,9	-3,7

	5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-10,6	-3,9	7,0	-1,2	-6,1	-14,8	-4,7	6,3	-2,3	-7,8
1971-1980	-7,4	-2,2	7,3	-1,5	-3,6	-10,4	-3,9	5,8	-2,7	-5,0
1981-1990	-8,7	-2,2	7,3	-1,6	-4,3	-12,8	-3,5	6,7	-2,3	-5,9
1991-2000	-7,8	-1,8	7,5	-2,7	-3,5	-12,1	-2,9	7,5	-2,5	-5,5

	5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-12,3	-4,9	7,3	-1,3	-7,2	-15,8	-9,3	3,2	-5,5	-11,4
1971-1980	-9,2	-2,7	7,3	-1,9	-4,7	-12,1	-8,3	3,1	-6,5	-8,9
1981-1990	-9,7	-2,5	7,4	-2,0	-4,9	-14,1	-8,0	3,3	-6,2	-9,9
1991-2000	-9,1	-2,0	7,4	-2,5	-4,0	-12,7	-8,1	4,3	-6,3	-9,2

Tab. 7.4: Desetileté průměry 10% kvantilů denní minimální teploty vzduchu.

	4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,5	8,4	14,0	10,8	11,9	1,1	9,3	15,2	10,7	12,8
1971-1980	2,1	8,8	13,7	10,0	11,7	2,8	9,7	15,2	10,8	12,9
1981-1990	2,2	9,3	14,1	10,8	12,1	3,4	10,1	16,2	11,8	13,6
1991-2000	2,2	9,6	14,4	9,9	12,3	3,6	10,0	16,3	11,7	13,7

	5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-0,1	8,3	13,8	10,3	11,7	-0,5	8,2	14,0	10,1	11,4
1971-1980	1,3	8,6	13,7	9,5	11,7	1,3	8,0	13,6	9,1	11,1
1981-1990	1,4	9,8	14,0	10,1	11,9	1,4	9,4	14,6	10,5	12,1
1991-2000	1,3	9,4	14,3	9,5	12,2	1,3	9,3	15,4	10,8	12,9

	5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	-0,8	8,3	13,8	10,1	11,7	-3,7	5,8	12,2	8,2	9,3
1971-1980	0,7	8,7	13,8	9,1	11,7	-1,9	6,0	12,0	7,4	9,0
1981-1990	0,7	9,7	14,0	10,3	11,9	-2,0	6,7	12,4	7,6	9,6
1991-2000	0,4	9,5	14,3	9,5	12,2	-1,7	6,6	13,6	8,0	10,4

Tab. 7.5: Desetileté průměry 90% kvantilů denní minimální teploty vzduchu.



### **90% kvantil denní minimální teploty vzduchu (90pTMIN)**

Lineární trendy modelových hodnot jsou, podobně jako u 10pTMIN, v zimě, na jaře a v létě kladné. V zimě a na jaře jsou statisticky významné. Podzimní trend je záporný, statisticky nevýznamný. Chování na stanicích je podobné. Trendy jsou kladné, statisticky významné na všech stanicích, s jedinou výjimkou, a tou je záporný, statisticky nevýznamný trend na stanici Lysá hora na podzim. Změny modelových desetiletých průměrů z desetiletí na desetiletí odpovídají přibližně změnám na stanicích. Více tab.7.5. Model zachytil zvyšování 90% kvantilů minimálních teplot vzduchu na jaře, v létě a v zimě, ke kterému docházelo v období 1961-2000 na všech stanicích bez ohledu na nadmořskou výšku. Na podzim se u horských stanic projevuje pokles minimální teploty vzduchu (Lysá hora), což se modelu podařilo odhalit. Podzimní pokles minimálních teplot, který model dává na dalších sledovaných uzlových bodech, je však chybný. Průměry 90% kvantilů spočtené z modelových dat jsou nižší v uzlovém bodě 4841 o 1-2 °C, v uzlovém bodě 5139, který má srovnatelnou výšku se stanicí Havlíčkův Brod, je shoda modelu se stanicí lepší (rozdíly do 1 °C).

***Shrnutí:*** Modelu se podařilo přibližně zachytit průběh změn z desetiletí na desetiletí. Hodnoty 10% kvantilu minimální teploty model výrazně nadhodnocuje. U 90% kvantilu je shoda lepší. V Havlíčkově Bodě si průměrné hodnoty dobře odpovídají (nadmořská výška stanice je přibližně stejná), k nadhodnocení hodnoty 90% kvantilu dochází v uzlovém bodě v blízkosti Lysé hory, což je dáno jeho výrazně menší nadmořskou výškou, naopak v uzlovém v blízkosti Žatce jsou hodnoty 90% kvantilu podhodnocené, což je patrně dáno výrazně vyšší nadmořskou výškou uzlového bodu.

## **7.2 Srážkové charakteristiky**

### **Rozdělení denních úhrnů srážek - kumulativní četnosti**

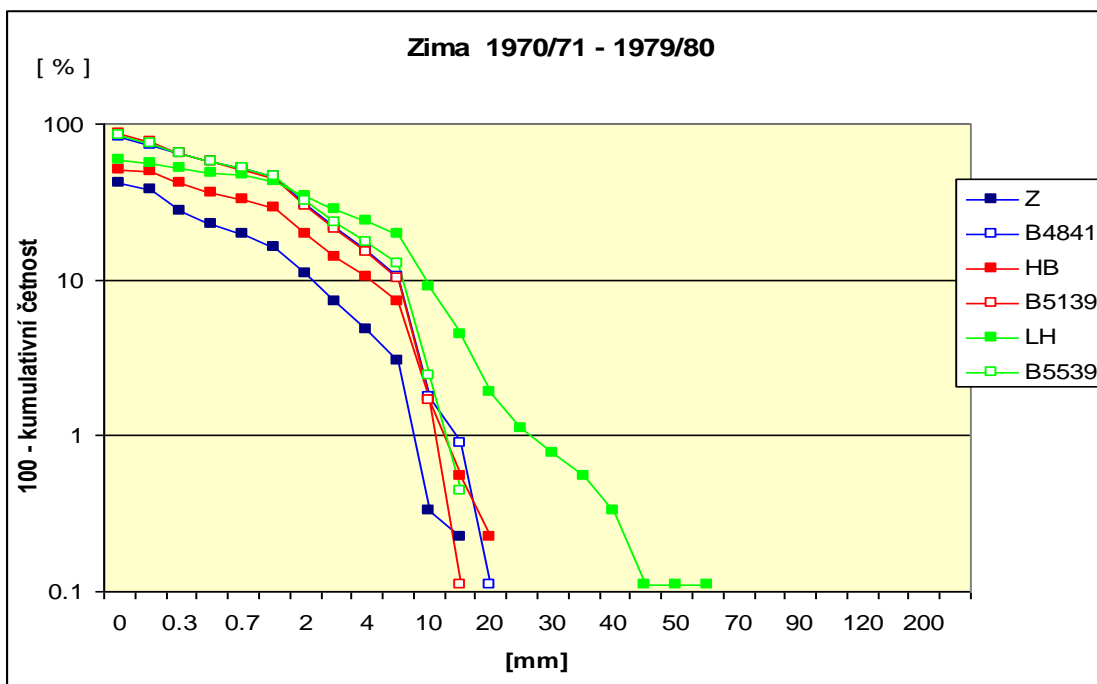
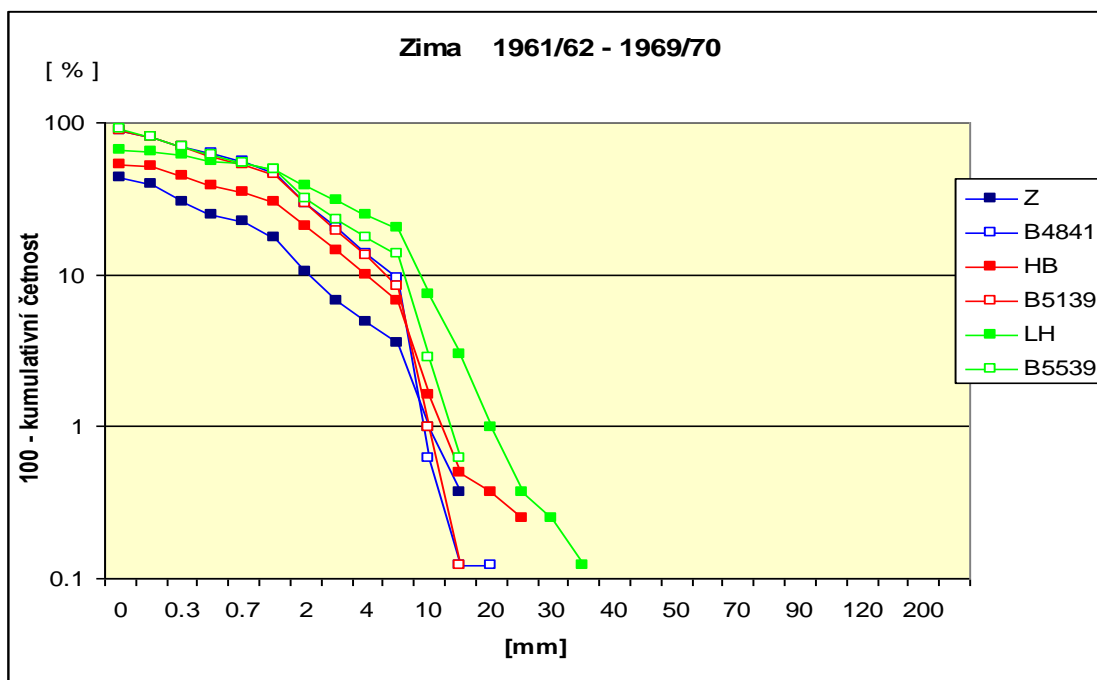
Pro 12 vybraných stanic ČR a 16 uzlových bodů modelu RegCM3 v blízkosti stanic (viz tab. 4.2) byly vypočítány kumulativní četnosti hodnot srážkových úhrnů ležících postupně intervalech s horními mezemi: 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250 mm. Do intervalů patří hodnoty včetně hodnot rovných horní mezi intervalu. Pro zdůraznění rozdílů v četnosti výskytu vyšších srážkových úhrnů byly do grafů vneseny hodnoty 100 – kumulativní četnost v %.

Ukázalo se, že křivky kumulativních četností pro stanice se liší navzájem více než křivky kumulativních četností v uzlových bodech modelu. Na jaře má nejnižší procento denních srážkových úhrnů nad 1 mm stanice Žatec (20%), nejvyšší Lysá hora (45%). V uzlových bodech modelu se procenta dnů s úhrny nad 1 mm pohybují od 45% do 63%. V létě je v Žatci 25% denních úhrnů srážek nad 1 mm (nejnižší procento ze sledovaných stanic), na Lysé hoře až 46%, v uzlových bodech RegCM3 srážkové úhrny nad 1 mm představují od 43% po 68%. Na podzim je na stanici Kuchařovice pouze 17% denních úhrnů srážek nad 1 mm, na Lysé hoře 41% , v uzlových bodech pak od 34% po 54% . Konečně v zimě najdeme nejnižší procento překročení denního úhrnu 1 mm v Kuchařovicích (15%), nejvyšší opět na Lysé hoře (49%), v uzlových bodech se hodnoty překročení pohybují mezi 40% až 56%.

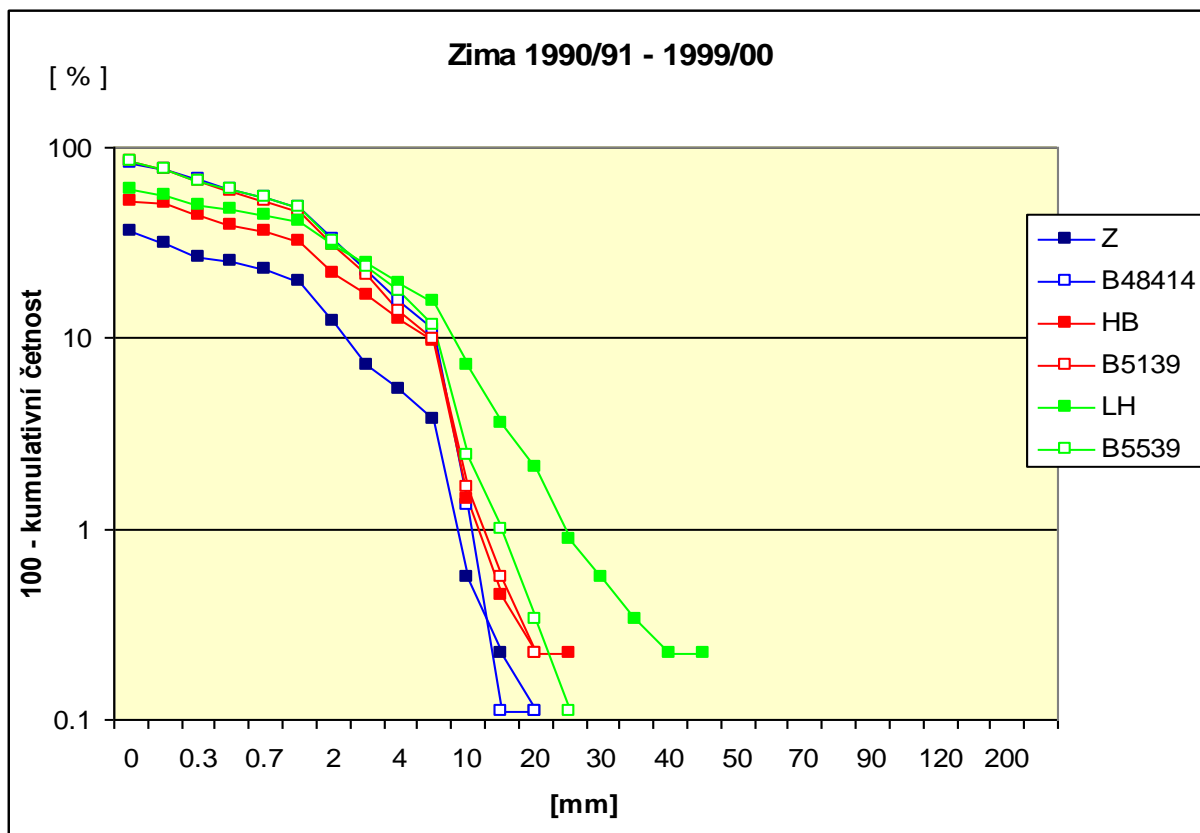
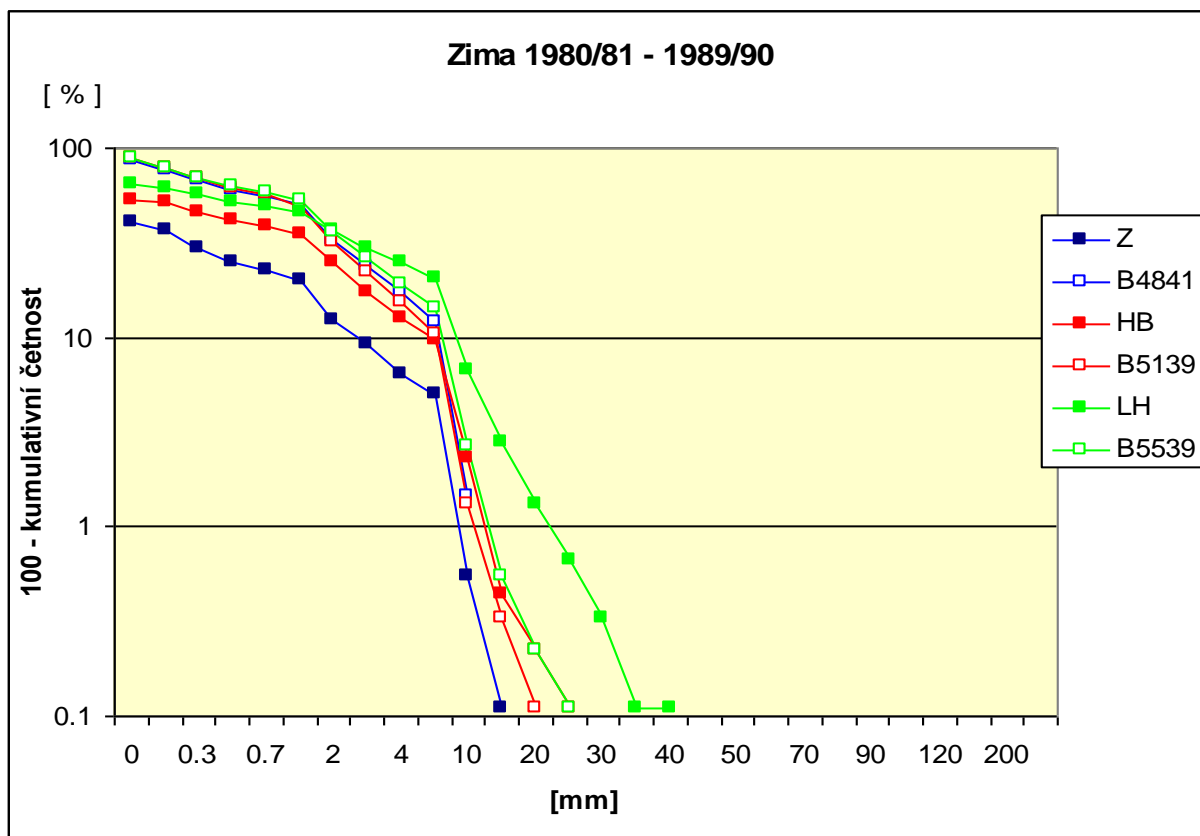
Pokud se zaměříme na pravé strany statistických rozdělení, pak nejnižší hodnoty procent překročení denního úhrnu srážek 10 mm jsou na stanicích a v modelových bodech v dobrém souladu. Na jaře se na stanicích v závislosti na zpracovávaném desetiletí pohybují od 1,7% po 2,7%, v uzlových bodech od 2% po 3,7%. Podstatně více se liší horní odhady, které se na Lysé hoře pohybují od 8,5% do 12,5%, zatímco v uzlových bodech od 5,8% do 6,8%. Totéž platí pro překročení srážkového úhrnu 20 mm. V létě je situace obdobná. Procento překročení 10 mm úhrnu srážek se u stanic pohybuje od 4,8% po 19,2%, v uzlových bodech od 3,5% po 9%. Na podzim se na stanicích procento překročení 10 mm denního úhrnu pohybuje od 2%

po téměř 12%, v uzlových bodech modelu od 1,5% po 6%, v zimě na stanicích od 0,2% po 10% a v uzlových bodech od 0,5% po 4,4%.

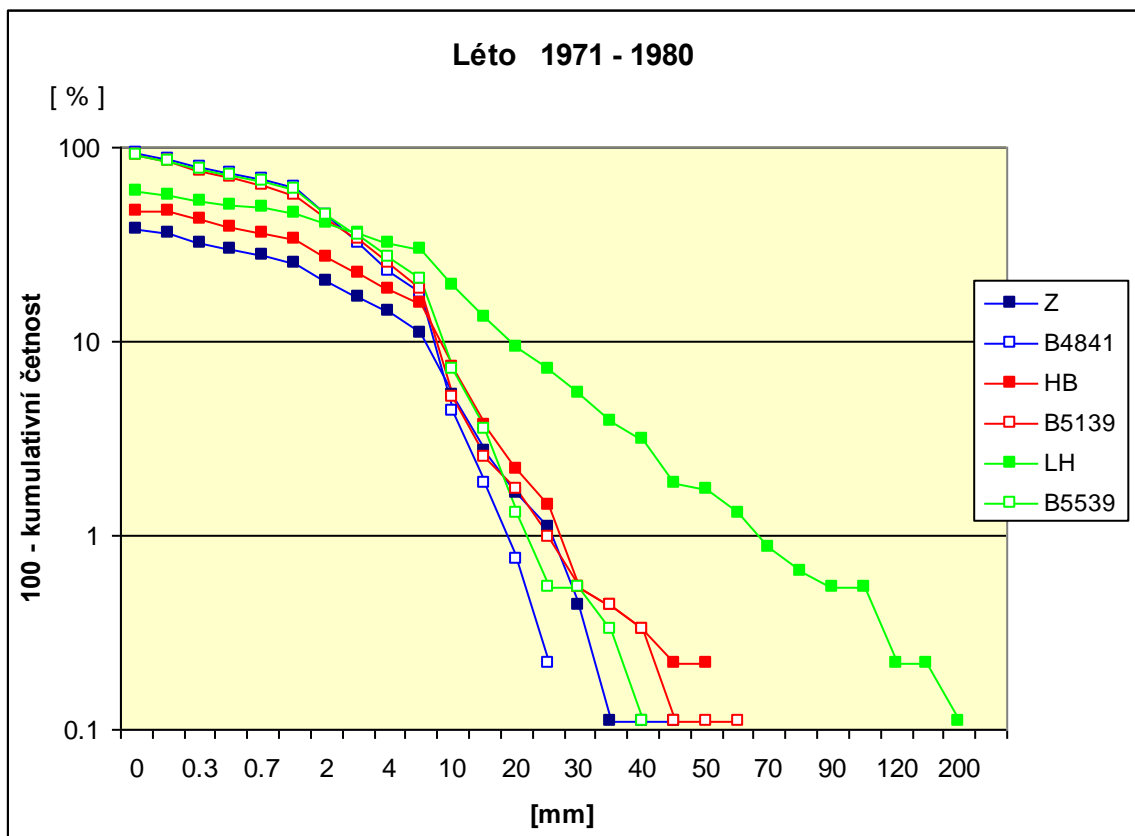
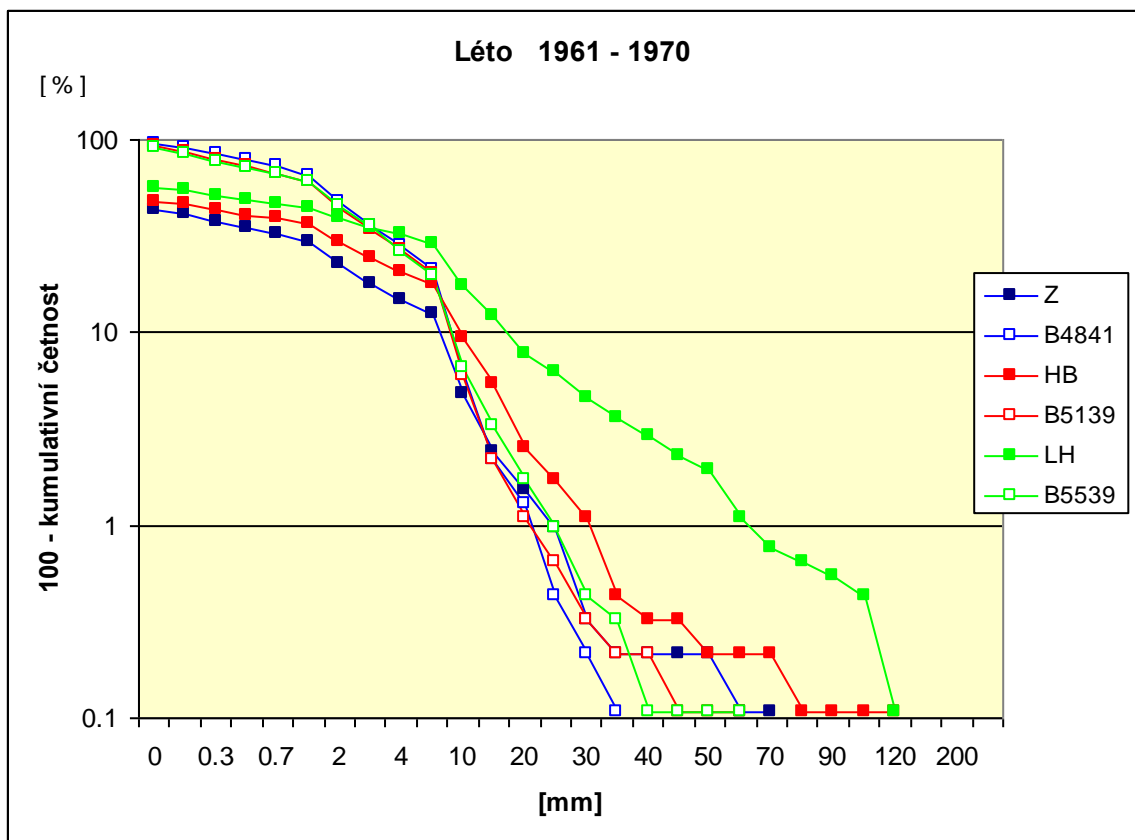
Bližší podrobnosti o chování pravých stran rozdělení denních úhrnů srážek v zimě a v létě lze najít na obr. 7.3a, 7.3b a 7.4a, 7.4b. Na těchto obrázcích jsou pro čtyři desetiletá období 1961 – 2000 a tři vybrané stanice uvedeny hodnoty 100 – kumulativní četnosti (v %). Logaritmická škála umožňuje lépe zvýraznit oblasti výskytu vysokých srážek. Příslušné intervaly četnosti jsou označeny hodnotou horní meze intervalu. Spolu s křivkou pro každou stanici je zde pro porovnání uvedena křivka pro uzlový bod ležící v blízkosti stanice. Je patrné, že v zimě se průběhy křivek shodují lépe než v létě.



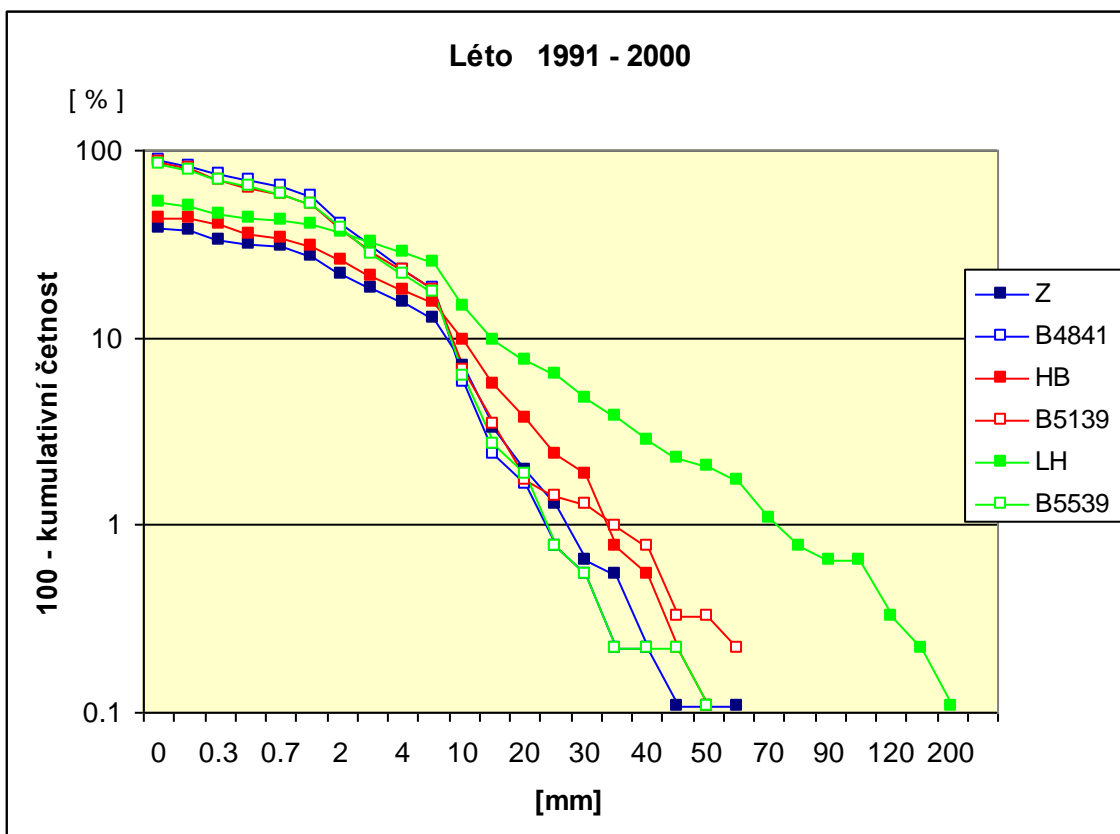
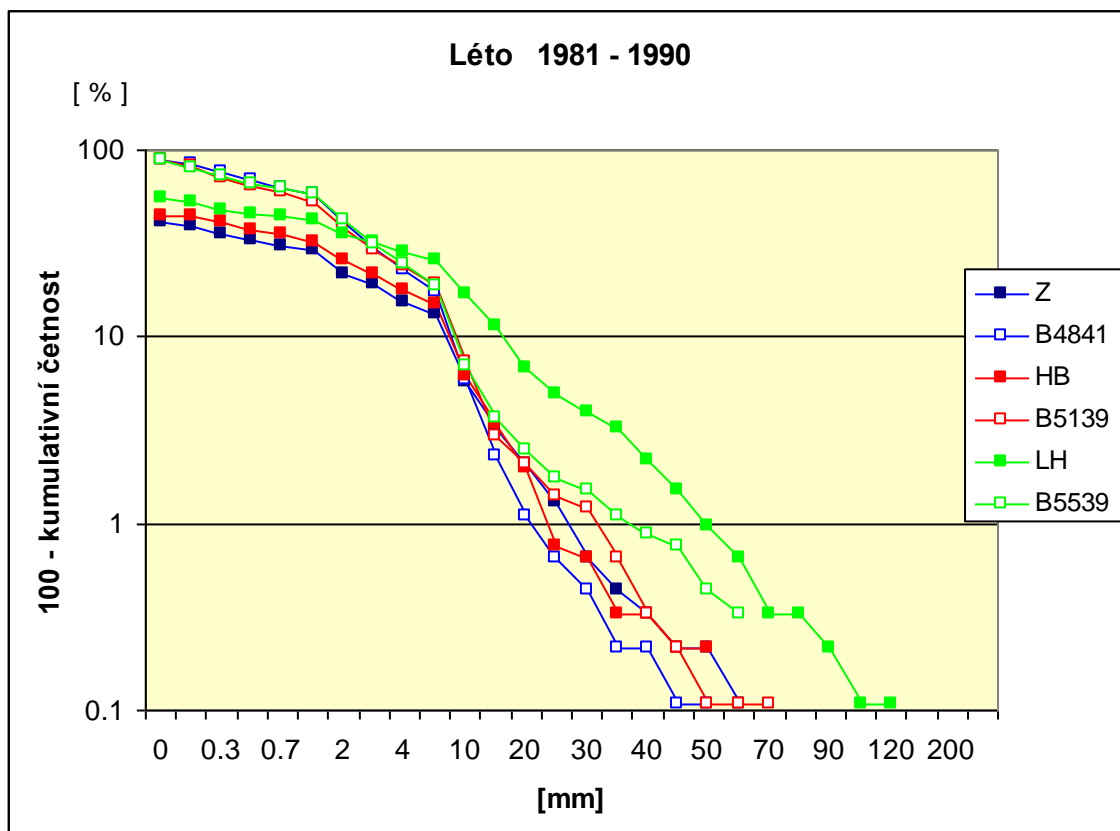
Obr. 7.3a: Hodnoty 100 - kumulativní četnosti úhrnů srážek pro zimu a první dvě desetiletí období 1961- 2000. Písmeno Z označuje stanici Žatec, HB je Havlíčkův Brod, LH Lysá hora. Písmenem B a číslem jsou označeny uzlové body ležící v blízkosti těchto stanic.



*Obr. 7.3b: Totéž jako na obr. 7.4a, ale pro druhou polovinu období 1961- 2000.*



Obr. 7.4a: Hodnoty 100 - kumulativní četnosti úhrnů srážek pro léto a první dvě desetiletí období 1961- 2000. Písmeno Z označuje stanici Žatec, HB je Havlíčkův Brod, LH Lysá hora. Písmenem B a číslem jsou označeny uzlové body ležící v blízkosti těchto stanic.



Obr. 7.4b: Totéž jako na obr. 7.5a, ale pro druhou polovinu období 1961 – 2000.

**Shrnutí:** Křivky kumulativních četností pro stanice se liší navzájem více než křivky kumulativních četností v uzlových bodech modelu. Rozpětí hodnot překročení denního úhrnu srážek 10 mm vypočítaných z měřených úhrnů srážek je v rámci našeho území širší

*než rozpětí hodnot v uvažovaných uzlových bodech. Stanice se liší více než uzlové body. Vysoké úhrny srážek mají na stanicích větší četnost. Model RegCM3 dává vyšší četnost výskytu velmi malých úhrnů srážek a naopak nižší četnost výskytu vysokých úhrnů srážek, zejména v létě.*

### Kvantily srážek $R_{0,90}$ a $R_{0,95}$

Lineární trendy 90% kvantilů ( $R_{0,90}$ ) i 95% kvantilů ( $R_{0,95}$ ) jsou v období 1961 – 2000 zpravidla statisticky nevýznamné, stejně jako je tomu na stanicích. Pouze v létě je v uzlovém bodě 5139 kladný trend u  $R_{0,95}$ , který je statisticky významný ( $\alpha = 0,02$ ). Na vybraných stanicích i uzlových bodech se tedy většinou nepotvrzuje růst hodnot 90% a 95% kvantilů srážek.

Desetileté průměry hodnot  $R_{0,90}$  i  $R_{0,95}$  kolísají z desetiletí na desetiletí, viz tab. 7.6 a 7.7, přičemž chování desetiletých průměrů spočítaných z modelových dat se liší od chování průměrů vypočítaných z měření na stanicích. Hodnoty desetiletých průměrů  $R_{0,90}$  a  $R_{0,95}$  vypočítaných z výstupů modelu jsou nižší než odpovídající průměry na stanicích. Výjimkou jsou např. průměry v uzlovém bodě 4841, kde v zimě jsou hodnoty oproti stanici poněkud nadhodnocené. Nejhorší shoda je mezi modelovým bodem 5539 a stanicí Lysá hora, kde velký vliv hraje orografie. Z porovnání hodnot 20% a 90% kvantilů vyplývá, že model RegCM3 může mít totiž oproti naměřeným souborům srážek posunuté centrum rozdělení směrem k nižším hodnotám, i užší rozpětí hodnot. Například soubor hodnot v uzlovém bodě 4841 ležícím u Žatce má ve srovnání s hodnotami naměřenými na této stanici ve třech ročních obdobích vyšší 20% kvantil (neplatí v létě) a nižší 90% kvantil (neplatí v zimě).

	bod 4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	5,1	7,2	8,1	5,5	6,7	4,2	7,4	11,2	6,8	8,1
1971-1980	5,7	7,3	7,5	6,1	6,8	4,3	7,3	12,9	7,3	7,9
1981-1990	6,1	7,4	8,0	6,4	7,1	5,4	8,7	12,9	8,8	9,0
1991-2000	5,5	6,9	8,0	5,9	6,8	5,3	6,8	14,0	6,1	8,6

	bod 5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	4,8	7,9	8,2	6,4	6,9	5,5	8,6	14,7	9,5	9,9
1971-1980	6,1	6,5	7,7	6,9	6,8	5,9	8,3	13,0	8,4	9,3
1981-1990	5,6	8,1	9,4	6,3	7,2	6,7	9,5	12,4	8,3	9,3
1991-2000	5,5	6,6	8,5	6,1	6,9	6,3	9,3	19,1	8,8	10,0

	bod 5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	6,3	7,6	8,6	7,7	7,8	10,3	14,3	26,9	13,0	15,8
1971-1980	6,3	7,1	9,1	7,0	7,2	13,1	14,4	26,8	16,1	17,9
1981-1990	6,7	7,0	9,0	6,8	7,6	11,4	13,0	24,2	14,2	16,1
1991-2000	6,2	7,9	8,7	6,4	7,4	11,6	15,5	30,5	16,7	17,4

Tab. 7.6: Hodnoty  $R_{0,90}$  pro vybrané stanice a uzlové body.

	Bod 4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	6,5	9,6	10,9	8,0	8,9	6,6	10,7	15,3	10,1	11,7
1971-1980	7,6	10,5	9,9	8,3	9,4	5,4	11,1	15,9	11,4	12,5
1981-1990	7,8	9,1	11,2	8,4	9,4	6,8	11,6	19,7	11,5	13,1
1991-2000	7,1	9,4	11,6	7,6	9,3	6,6	10,3	20,0	9,1	13,2

	bod 5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	6,1	12,4	10,5	10,2	10,2	7,5	12,2	19,1	11,9	14,5
1971-1980	8,1	8,3	10,5	9,8	9,4	8,5	12,7	17,4	11,3	13,5
1981-1990	7,3	10,9	13,6	9,1	10,6	9,0	12,6	16,6	12,4	13,6
1991-2000	7,4	8,9	14,1	8,7	9,7	7,9	12,3	24,0	11,7	14,3

	bod 5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	8,2	11,1	13,5	11,9	11,3	12,8	20,0	37,9	18,0	22,5
1971-1980	8,3	10,2	13,0	9,9	10,6	16,9	18,8	39,9	21,9	25,9
1981-1990	8,7	9,9	14,6	9,6	10,8	14,7	17,5	33,7	18,3	22,2
1991-2000	9,0	10,3	12,1	9,4	10,6	15,8	21,2	44,5	24,7	27,5

Tab. 7.7: Hodnoty  $R_{0,95}$  pro vybrané stanice a uzlové body.

**Shrnutí:** V uzlových bodech se většinou nepotvrzuje, podobně jako na vybraných stanicích, růst hodnot 90% a 95% kvantilů srážek. Z porovnání hodnot 20% a 90% kvantilů vyplývá, že model RegCM3 může mít oproti naměřeným souborům srážek posunuté centrum rozdělení směrem k nižším hodnotám, i užší rozpětí hodnot.

**Podíl srážkových úhrnů vyšších než zvolené kvantily ( $R_{0,90}$  a  $R_{0,95}$ ) na celkovém úhrnu srážek za dané období (FRAC90 a FRAC 95)**

Lineární trendy charakteristiky FRAC90 a FRAC95 buď nemají nebo jsou trendy statisticky nevýznamné. Výjimkou je veličina FRAC90 v létě v uzlovém bodě 5139, kde je kladný statisticky významný trend ( $\alpha = 0,009$ ). Hodnoty desetiletých průměrů kolísají z desetiletí na desetiletí, jejich průběh se liší od hodnot na stanicích (tab. 7.8 a 7.9).

	bod 4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,35	0,40	0,38	0,40	0,39	0,45	0,45	0,40	0,46	0,45
71-1980	0,37	0,39	0,38	0,38	0,38	0,40	0,46	0,40	0,48	0,46
1981-1990	0,35	0,38	0,42	0,38	0,39	0,38	0,45	0,44	0,45	0,45
1991-2000	0,34	0,37	0,41	0,39	0,38	0,35	0,41	0,42	0,42	0,44

	bod 5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,35	0,43	0,39	0,44	0,41	0,38	0,40	0,42	0,39	0,43
1971-1980	0,37	0,36	0,41	0,43	0,40	0,40	0,45	0,43	0,39	0,43
1981-1990	0,36	0,41	0,44	0,41	0,42	0,37	0,42	0,42	0,42	0,40
1991-2000	0,37	0,38	0,47	0,43	0,43	0,36	0,40	0,45	0,41	0,44

	bod 5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,38	0,41	0,41	0,48	0,42	0,34	0,40	0,46	0,41	0,44
1971-1980	0,37	0,40	0,41	0,43	0,40	0,40	0,42	0,42	0,41	0,44
1981-1990	0,36	0,41	0,47	0,45	0,43	0,37	0,43	0,42	0,41	0,43
1991-2000	0,37	0,37	0,43	0,45	0,41	0,41	0,40	0,45	0,45	0,47

Tab. 7.8: Hodnoty desetiletých průměrů FRAC90 pro vybrané stanice a uzlové body.

Z tab. 7.8 je patrné, že model dává vesměs nižší hodnoty desetiletých průměrů podílu srážkových úhrnů vyšších než 90% kvantil na celkovém úhrnu srážek. Nejlepší shoda modelových a měřených hodnot připadá na uzlový bod 5139 a stanici Havlíčkův Brod, nejhorší pak na uzlový bod 4841 a stanici Žatec, kde je sledovaný podíl srážek v uzlovém bodě o 10% nižší než na stanici.

	bod 4841					Žatec				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,23	0,27	0,25	0,26	0,25	0,34	0,30	0,27	0,28	0,30
1971-1980	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,27	0,34	0,28	0,34	0,32
1981-1990	0,21	0,25	0,28	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,31	0,31
1991-2000	0,21	0,24	0,28	0,26	0,25	0,23	0,29	0,28	0,30	0,30

	bod 5139					Havlíčkův Brod				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,23	0,27	0,26	0,30	0,27	0,25	0,27	0,29	0,28	0,28
1971-1980	0,23	0,24	0,29	0,28	0,26	0,27	0,31	0,29	0,26	0,28
1981-1990	0,23	0,26	0,30	0,27	0,28	0,25	0,28	0,29	0,28	0,27
1991-2000	0,24	0,24	0,33	0,29	0,29	0,24	0,24	0,29	0,27	0,30

	bod 5539					Lysá hora				
	DJF	MAM	JJA	SON	ANN	DJF	MAM	JJA	SON	ANN
1961-1970	0,24	0,26	0,28	0,34	0,28	0,23	0,26	0,31	0,28	0,30
1971-1980	0,23	0,26	0,27	0,29	0,27	0,27	0,28	0,30	0,28	0,29
1981-1990	0,22	0,28	0,34	0,32	0,30	0,22	0,30	0,28	0,27	0,29
1991-2000	0,24	0,23	0,30	0,32	0,27	0,27	0,26	0,31	0,30	0,32

Tab. 7.8: Hodnoty desetiletých průměrů podíl 0.95 pro vybrané stanice a uzlové body.

Z tab. 7.9 je vidět, že model desetileté průměry charakteristiky FRAC95 zpravidla podhodnocuje, tedy dává nižší podíl vysokých srážkových úhrnů na celkovém úhrnu srážek než je tomu na stanicích. Nejhorší shoda mezi modelovými a naměřenými srážkami připadá na uzlový bod 4841 a Žatec, kde rozdíl hodnot charakteristiky mezi uzlovým bodem a stanicí činí v některých případech až 11%.

**Shrnutí:** Model RegCM3 hodnoty 90% a 95% kvantilů srážek podhodnocuje a podhodnocuje rovněž podíl srážek nad těmito zvolenými mezními srážkami na celkovém úhrnu srážek.

### Průměrná délka srážkového období (PS1)

Trendy PS1 spočítané pro celé čtyřicetiletí jsou zpravidla záporné ve všech ročních obdobích, kromě podzimu. To znamená, že stejně jako na stanicích, počet dní ve srážkovém období mírně klesá, změny však nejsou statisticky významné.

Průměrnou délku srážkového období model výrazně nadhodnocuje. Desetileté průměry PS1 na stanici Žatec se pohybují kolem 2 dnů (charakteristika zahrnuje do srážkového období i jednodenní situace) ve všech sezónách a všech ročních obdobích. V uzlovém bodě připadají nejvyšší desetileté průměry zpravidla na I. desetiletí (v zimě 8 dní, na jaře 9 dní a v létě 12,7 dne). Pouze na podzim se nejvyšší desetileté průměry objevují ve II. desetiletí (7 dní). Podobná je i situace na stanici Havlíčkův Brod. Desetileté průměry na stanici kolísají mezi 2,3-3,2 dny, modelové mezi 4,7-8,8 dne. Model tedy opět výrazně PS1 nadhodnocuje. Hodnoty modelových desetiletých průměrů nepravidelně kolísají z desetiletí na desetiletí. Odlišné od staničních průměrů jsou tedy nejen jejich hodnoty, ale i průběh z desetiletí na desetiletí.

Na jaře a na podzim je průběh změn desetiletých průměrů na stanici Lysá hora a uzlovém bodě přibližně stejný, v zimě a na jaře se liší. Hodnoty modelových desetiletých průměrů kolísají z desetiletí na desetiletí, pouze v létě postupně klesají. Změny z jednoho desetiletí na druhé jsou zpravidla větší než u hodnot na stanicích. Například zimní průměry se pohybují mezi 6-8 dny, na stanici mezi 3,7-4,7 dne a jarní průměry mezi 6-9,3 dny, na stanici 3,2-3,9 dne. Model tedy průměrnou délku srážkového období nejen nadhodnocuje, ale také má poněkud vyšší proměnlivost desetiletých průměrů.



***Shrnutí: Průměrnou délku srážkového období model výrazně nadhodnocuje a vyznačuje se také vyšší proměnlivostí desetiletých průměrů.***

#### **Průměrná délka období beze srážek (PS2)**

Lineární trendy PS2 jsou v období 1961 – 2000, podobně jako na stanicích, zpravidla statisticky nevýznamné, pouze v létě v uzlovém bodě 5139 je trend (podobně jako na stanici Havlíčkův Brod) kladný, na rozdíl od chování naměřených srážek však statisticky významný ( $\alpha = 0,019$ ).

Nejvyšší modelové desetileté průměry PS2 připadají v zimě na II. nebo IV. desetiletí, na jaře na II. desetiletí, v létě na III. nebo IV. desetiletí a na podzim na I. desetiletí. Z tohoto pohledu se tedy počet dní v období beze srážek na podzim a na jaře spíše snižuje. Totéž lze říci i o stanici Lysá hora. V Žatci a Havlíčkově Brodě počet dní v období beze srážek spíše ve všech sezónách mírně roste. Hodnoty desetiletých průměrů PS2, spočítané z modelových dat, se pohybují mezi 1-2,3 dne pro všechna období. Staniční desetileté průměry jsou v rozmezí od 2,6 do 5,1 dne.

***Shrnutí: Průběh desetiletých průměrů PS2 je, až na výjimky, podobný chování průměrů na stanicích, hodnoty jsou však výrazně nižší než na stanicích.***

#### **Nejdelší srážkové období (NS1)**

Lineární trendy charakteristiky NS1 jsou v období 1961 – 2000 zpravidla statisticky nevýznamné, podobně jako na stanicích, znaménka trendů jsou kladná i záporná. U desetiletých průměrů dochází zpravidla ke kolísání hodnot z desetiletí na desetiletí, průběhy těchto změn se liší od chování staničních průměrů. Nejvyšší hodnoty připadají zpravidla na léto, na stanicích spíše na zimu. Modelové počty NS1 jsou výrazně nadhodnoceny, podobně jako u charakteristiky PS1. Hodnoty desetiletých průměrů v uzlovém bodu 4148 (poblíž stanice Žatec) kolísají v jednotlivých desetiletích v zimě od 15 do 25 dní, na jaře od 20 do 29 dní, v létě mezi 24-33 dny a na podzim 17-22 dní. Hodnoty desetiletých průměrů na stanici Žatec jsou výrazně nižší, od 4,7 do 7,7 dne ve všech sezónách. Podobně, hodnoty desetiletých průměrů v uzlovém bodu 5139 kolísají mezi 15- 28 dny, u měřených srážek na stanici Havlíčkův Brod pouze mezi 6-8,8 dny. Model tedy nadhodnocuje hodnoty NS1 v průměru 2,5krát. V uzlovém bodu 5539 kolísají desetileté průměry NS1 mezi 16,4 dny (podzim, IV. desetiletí) a 31,6 (léto, II. desetiletí). Desetileté průměry spočítané z měření na stanici Lysá hora se pohybují v rozmezí 8,7-12,9 dne. V některých sezónách tedy model nadhodnocuje NS1 až 3krát, například v létě v II. desetiletí má desetiletý průměr NS1 na stanici Lysá hora hodnotu 11,1 dne a v uzlovém bodě 5539 hodnotu 31,6 dne.

***Shrnutí: Model délku nejdelšího srážkového období výrazně nadhodnocuje v průměru 2,5krát, v některých sezónách až 3krát.***

#### **Nejdelší období beze srážek (NS2)**

Lineární trendy charakteristiky NS2 jsou zpravidla statisticky nevýznamné, pouze v létě v uzlových bodech 5139 (u Havlíčkova Brodu) a 4841 (u Žatce) jsou, podobně jako u charakteristiky PS2, trendy kladné a statisticky významné ( $\alpha = 0,0006$  a  $\alpha = 0,04$ ). Lineární trendy na stanicích jsou statisticky nevýznamné, v létě kladné, v ostatních sezónách zpravidla záporné.

Desetileté průměry NS2 model výrazně podhodnocuje. Změny desetiletých průměrů NS2 z desetiletí na desetiletí v uzlovém bodě 4148 jsou podobné chování desetiletých průměrů na stanici Žatec. Hodnoty těchto průměrů jsou však i o polovinu nižší než na stanici. Rozpětí desetiletých průměrů činí u modelových hodnot 2,6-6,5 dne, rozpětí desetiletých průměrů na stanici Žatec činí 8,1-13,1 dne. V uzlovém bodě 5139 neodpovídá průběh desetiletých průměrů (kromě podzimu), změnám na stanici Havlíčkův Brod. Hodnoty desetiletých modelových průměrů představují 2,3-6,4 dne a jsou tedy opět o více než polovinu nižší než

hodnoty na stanicích (7,7 do 12,7 dne). Podobně i v uzlovém bodě 5539 jsou hodnoty desetiletých průměrů (2,8 do 6,2 dne) ve srovnání s hodnotami pro stanici Lysá hora (6,8 do 10,7) výrazně podhodnoceny. Změny modelových a staničních průměrů z desetiletí na desetiletí si přibližně odpovídají pouze v zimě. Nejvyšší hodnoty v zimě a na jaře jsou ve II. desetiletí, v létě ve IV. a na podzim zpravidla ve III. desetiletí ve všech uzlových bodech. Roční chody jsou si z pohledu všech čtyř sezón podobné na stanici Žatec a uzlovém bodě v jeho blízkosti. V Havlíčkově Brodě a na Lysé hoře se průběhy modelových a staničních průměrů značně liší.

***Shrnutí: Model délku nejdelšího období beze srážek výrazně podhodnocuje, v některých sezónách i o více než polovinu.***

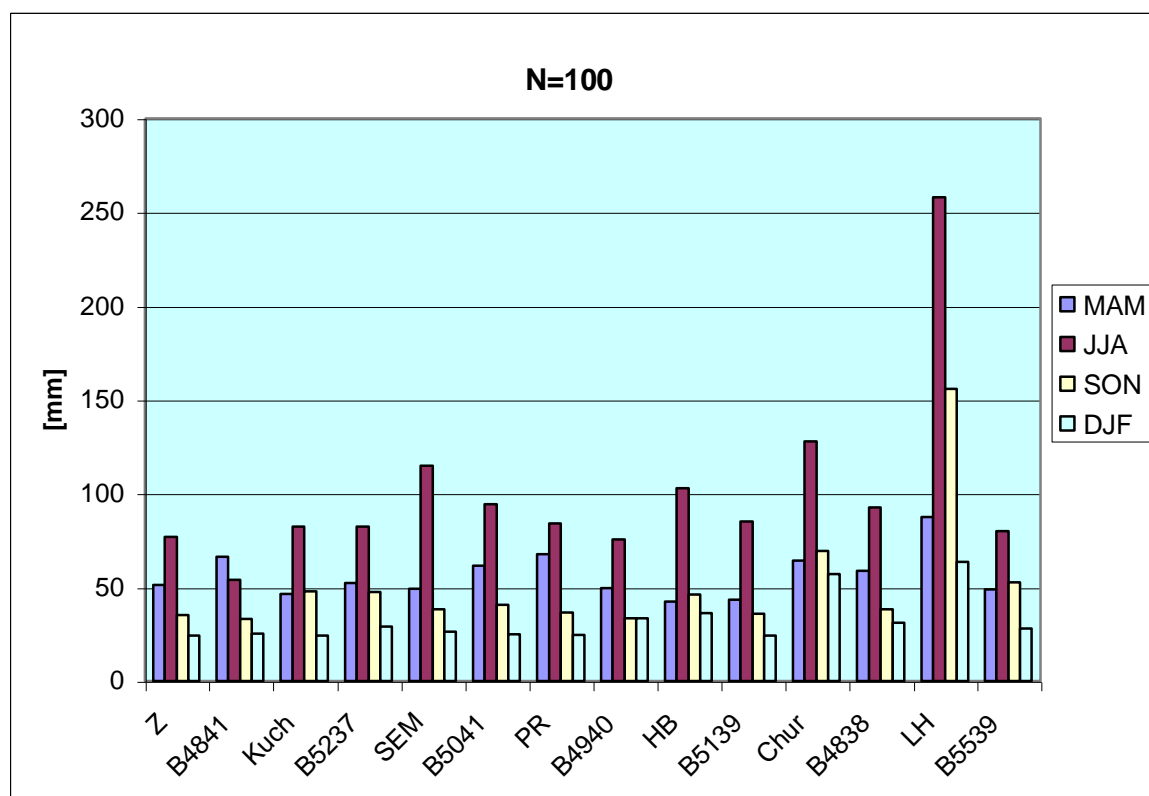
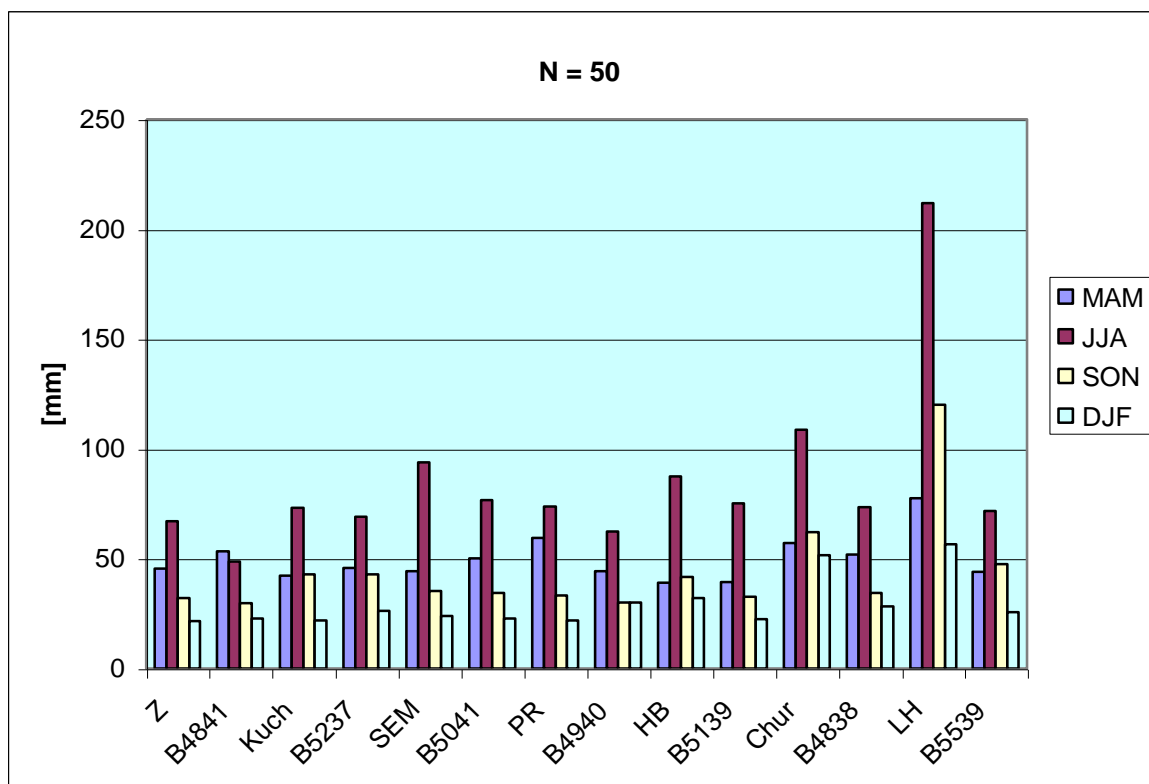
### **N-leté srážky - periody opakování**

Metoda asymptotických extrémálních rozdělení (viz 4.3) byla aplikována na soubory denních úhrnů srážek měřených na 7 vybraných stanicích v ČR (Žatec, Kuchařovice, Semčice, Praha-Ruzyně, Havlíčkův Brod, Churáňov a Lysá hora) v období 1961 – 2000 a na soubory modelových srážek v uzlových bodech ležících v blízkosti vybraných stanic. Pro každou stanici (uzlový bod) a sezónu roku byl vytvořen soubor čtyřiceti hodnot, každá z nich představovala nejvyšší sezónní úhrn srážek dosažený v daném roce. Z těchto souborů byly vypočítány desetileté, dvacetileté, padesátileté a stoleté srážkové úhrny. K výpočtu byl použit program autorů publikace WMO/TD-NO.386 (Faragó a Katz, 1990). Testy vhodnosti rozdělení ukázaly, že souborům naměřených i modelových dat většinou vyhovuje Gumbelovo rozdělení ( $k=0$ ). Výjimkou bývá léto (u stanic, i některých uzlových bodů), a u stanic s vysokými úhrny srážek (např. Lysá hora) dále jaro a podzim. V těchto případech je  $k < 0$  (Fréchetovo rozdělení) a vhodnější aproximací je pak třírozměrné extrémální rozdělení.

V tab. 7.10 a na obr. 7.5 jsou uvedeny průměrné hodnoty odhadů získané za předpokladu platnosti hypotézy  $k=0$  všemi devíti postupy uvedenými v části 4.3, a u souborů s  $k < 0$  průměry odhadů třírozměrného obecného rozdělení (4.3) získanými třemi postupy: metodou maximální věrohodnosti, metodou sextilů a metodou pravděpodobnosti vážených momentů. U vybraných stanic (viz obr. 7.6) jsou uvedeny i hodnoty nejvyššího a nejnižšího odhadu.

Je zřejmé, že model REGCM3 většinou dává o něco nižší odhady 10, 20, 50 i 100-letých srážek. Rozdíly jsou především v létě, kdy na všech stanicích jsou N-leté srážky vyšší než v uzlových bodech, a dále na stanicích s velkými úhrny srážek (Churáňov a Lysá hora), kde jsou N-leté srážky výrazně podhodnoceny ve všech ročních obdobích. Největší shoda mezi modelem a skutečností je u zimních srážek, ve třech případech ze sedmi zde model dává dokonce poněkud vyšší odhady N-letých srážek pro  $N=10, 20, 50$  a 100 let. U  $N=50$  a 100 let dává model poněkud vyšší odhady i na jaře. Pro ilustraci, padesátileté srážky model RegCM3 na jaře v Žatci o 18% (8 mm) nadhodnocuje, na Lysé hoře naopak o 43% (33 mm) podhodnocuje. V létě a na podzim model srážky podhodnocuje, v Kuchařovicích např. v létě pouze o 6% (na podzim jsou hodnoty stejné), na Lysé hoře naopak až o 66% (140 mm) v létě a o 61% (72,6 mm) na podzim. V zimě dává RegCM3 v Praze - Ruzyni padesátileté srážky v průměru o 37% (8 mm) vyšší a na Lysé hoře o 55% (31 mm) nižší.

Jednotlivé metody odhadů parametrů vedou k poněkud odlišným hodnotám kvantilů. S růstem periody opakování obvykle rozpětí hodnot dané jednotlivými metodami odhadu parametrů roste (obr. 7.6).

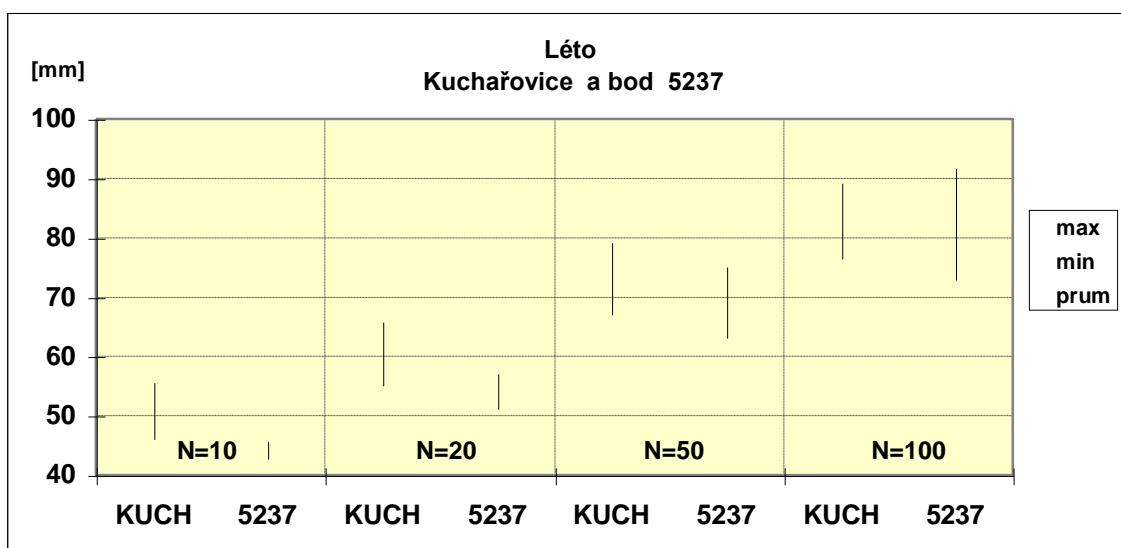
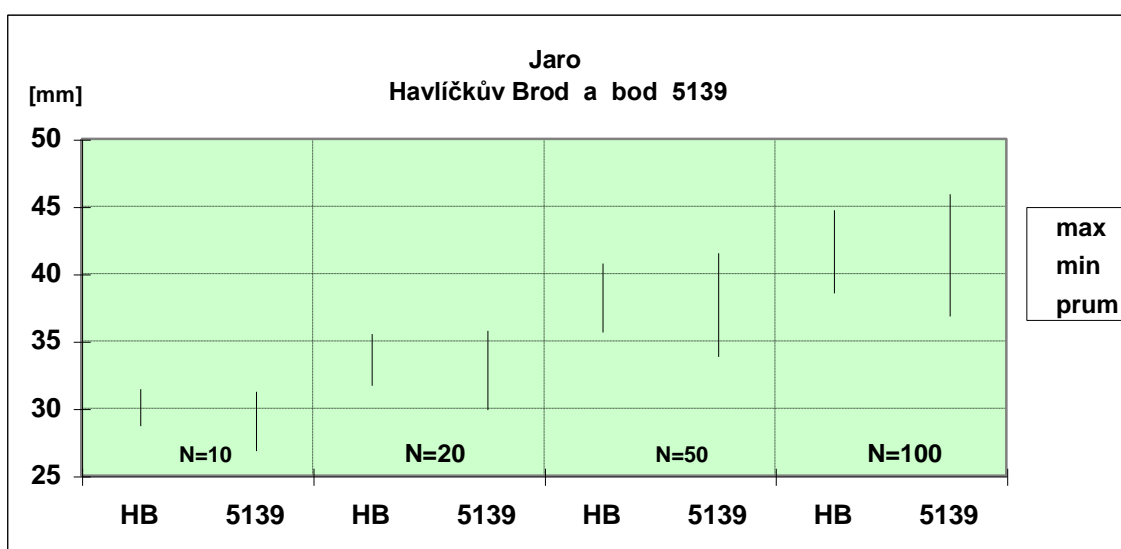
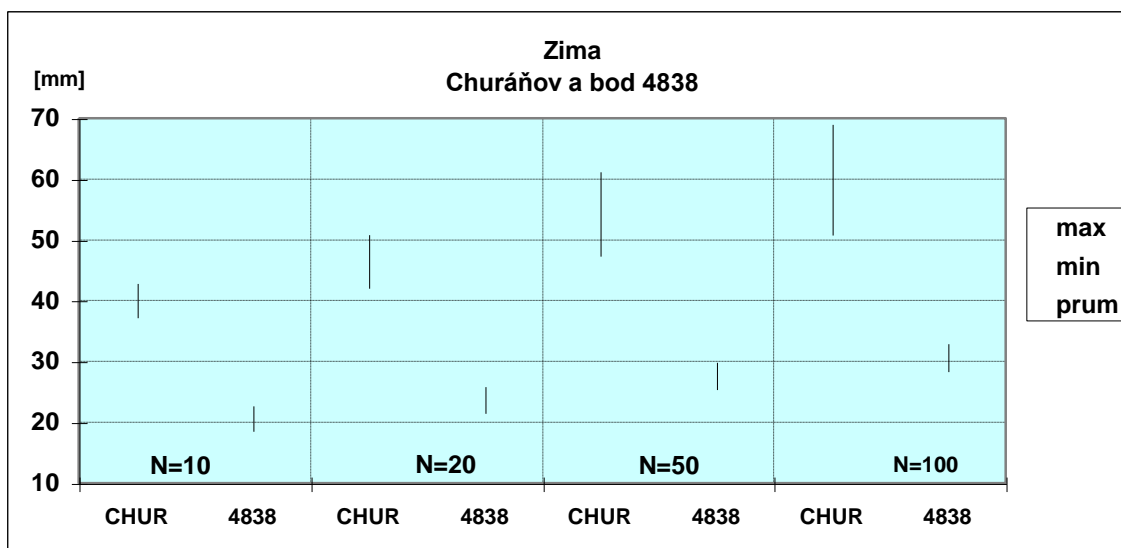


Obr. 7.5: Odhady N-letých srážek pro jednotlivá roční období a  $N=20, 50$  a  $100$  let. Stanice jsou označeny následovně: Žatec - Z, Kuchařovice - Kuch, Semčice - Sem, Praha - Ruzyně jako PR, Havlíčkův Brod - HB, Churáňov - Chur a Lysá hora - LH. Uzlové body modelu RegCM3 jsou označeny B a příslušnými čísly.

	N=10				N=20			
	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF
Z	31,8	46,6	24,0	15,4	37,6	55,0	27,5	18,1
B4841	32,4	36,1	22,1	16,8	40,2	41,4	25,3	19,3
	-0,6	10,5	1,9	-1,5	-2,6	13,6	2,2	-1,2
Kuch	32,4	51,9	31,0	15,6	36,7	61,0	36,1	18,2
B5237	32,2	43,9	32,0	20,0	37,9	53,8	36,7	22,6
	0,2	8,0	-1,0	-4,4	-1,3	7,2	-0,5	-4,4
SEM	33,0	56,6	27,1	18,5	37,9	71,0	30,7	20,9
B5041	30,6	45,3	22,8	17,8	38,0	57,3	27,3	20,0
	2,4	11,3	4,3	0,7	-0,2	13,6	3,4	1,0
PR	41,5	51,8	25,0	15,9	49,2	61,1	28,6	18,4
B4940	32,4	38,6	22,2	22,2	37,4	47,8	25,5	25,5
	9,1	13,2	2,8	-6,4	11,7	13,3	3,1	-7,1
HB	30,7	57,3	31,2	22,9	34,4	69,3	35,8	26,7
B5139	29,9	53,0	25,5	17,5	34,0	62,4	28,7	19,6
	0,8	4,3	5,7	5,4	0,3	6,9	7,2	7,1
Chur	41,4	71,1	45,2	38,5	48,1	86,2	52,5	44,3
B4838	36,6	43,3	25,8	21,6	43,0	54,4	29,5	24,5
	4,9	27,9	19,3	16,8	5,1	31,8	23,0	19,7
LH	55,7	127,4	65,6	41,1	64,8	160,4	85,1	47,8
B5539	32,9	52,3	35,2	20,0	37,8	60,8	40,4	22,4
	22,8	75,1	30,4	21,2	27,1	99,6	44,7	25,4

	N = 50				N = 100			
	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON	DJF
Z	45,3	67,0	31,9	21,6	51,2	76,8	35,2	24,3
B4841	53,4	48,5	29,6	22,7	66,3	54,0	33,1	25,4
	-8,1	18,4	2,3	-1,1	-15,1	22,8	2,2	-1,2
Kuch	42,2	73,1	42,9	21,7	46,3	82,3	48,0	24,4
B5237	45,9	69,0	42,9	26,2	52,3	82,5	47,7	29,1
	-3,7	4,1	0,0	-4,5	-6,0	-0,2	0,3	-4,7
SEM	44,3	93,8	35,2	24,0	49,1	114,7	38,4	26,3
B5041	50,1	76,6	34,4	22,7	61,4	94,4	40,8	24,8
	-5,9	17,1	0,8	1,3	-12,2	20,2	-2,4	1,5
PR	59,6	73,9	33,2	21,9	67,8	84,0	36,6	24,5
B4940	44,2	62,3	29,9	29,9	49,6	75,6	33,5	33,5
	15,3	11,5	3,2	-8,1	18,2	8,4	3,2	-8,9
HB	39,0	87,3	41,8	32,0	42,4	103,0	46,2	36,3
B5139	39,4	75,2	32,7	22,3	43,5	85,2	35,7	24,3
	-0,5	12,1	9,0	9,7	-1,1	17,7	10,5	12,0
Chur	57,1	108,6	62,1	51,7	64,2	127,9	69,4	57,1
B4838	51,8	73,6	34,4	28,3	58,8	92,6	38,2	31,2
	5,3	35,0	27,7	23,3	5,3	35,3	31,2	25,9
LH	77,4	211,8	119,9	56,6	87,6	258,0	155,7	63,4
B5539	44,1	71,8	47,4	25,7	48,9	80,1	52,6	28,2
	33,3	140,0	72,6	31,0	38,7	177,9	103,1	35,3

Tab. 7.10: Průměrné odhady N-letých srážek (N=10, 20, 50 a 100 let) pro vybrané stanice a uzlové body. Legenda – viz obr 7.5).



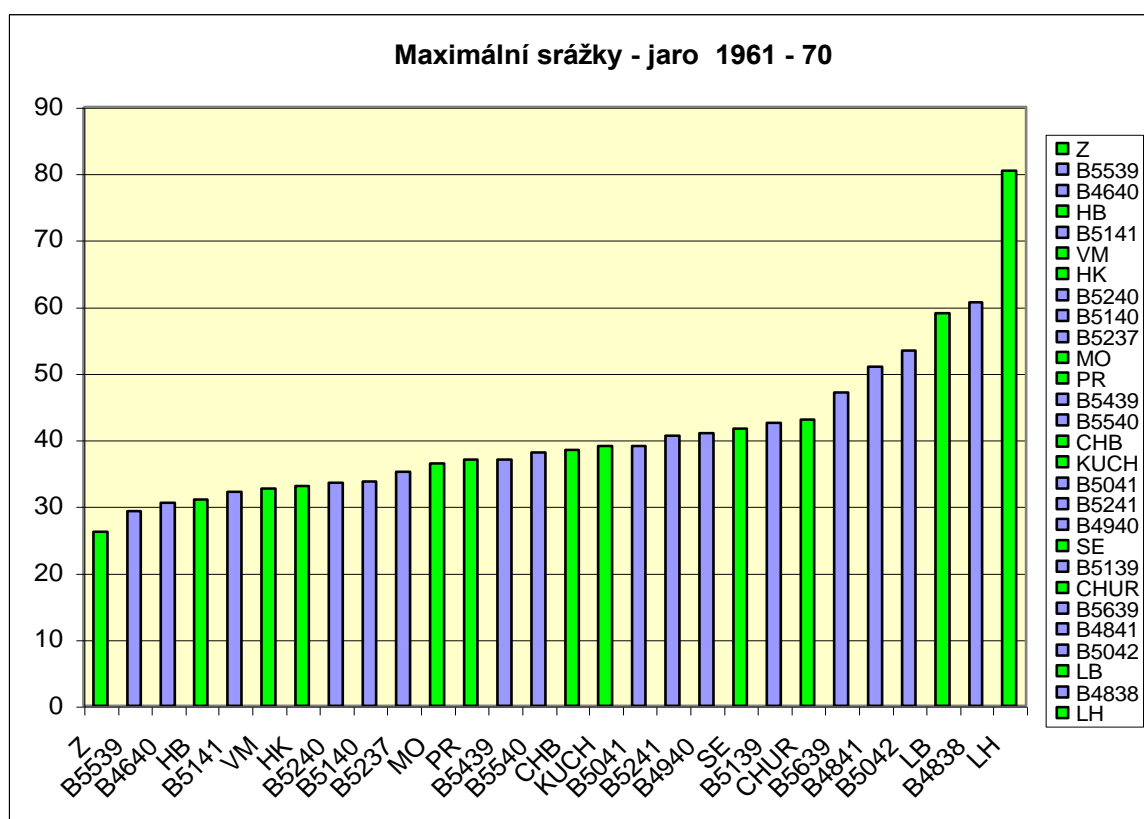
Obr. 7.6: Maximální, průměrné a minimální hodnoty odhadů N-letých srážek v závislosti na metodě odhadu parametrů rozdělení.

**Shrnutí:** Model RegCM3 dává u bodů ležících poblíž stanic s nižšími úhrny srážek podobné odhady N-letých srážek jako u měřených srážek. Výjimkou je často letní sezona, kdy jsou

*modelové N-leté srážky nižší. Důvodem bude zřejmě obtížné zachycení konvekčních srážek v modelu. Poblíž stanic s vysokými úhrny srážek jsou modelové odhady N-letých srážek nižší, u nejvýše položených stanic (Lysá hora) jsou dokonce vysoce podhodnocené. S největší pravděpodobností je v modelu potlačen nejen vliv konvekce, ale i vliv orografie na srážky.*

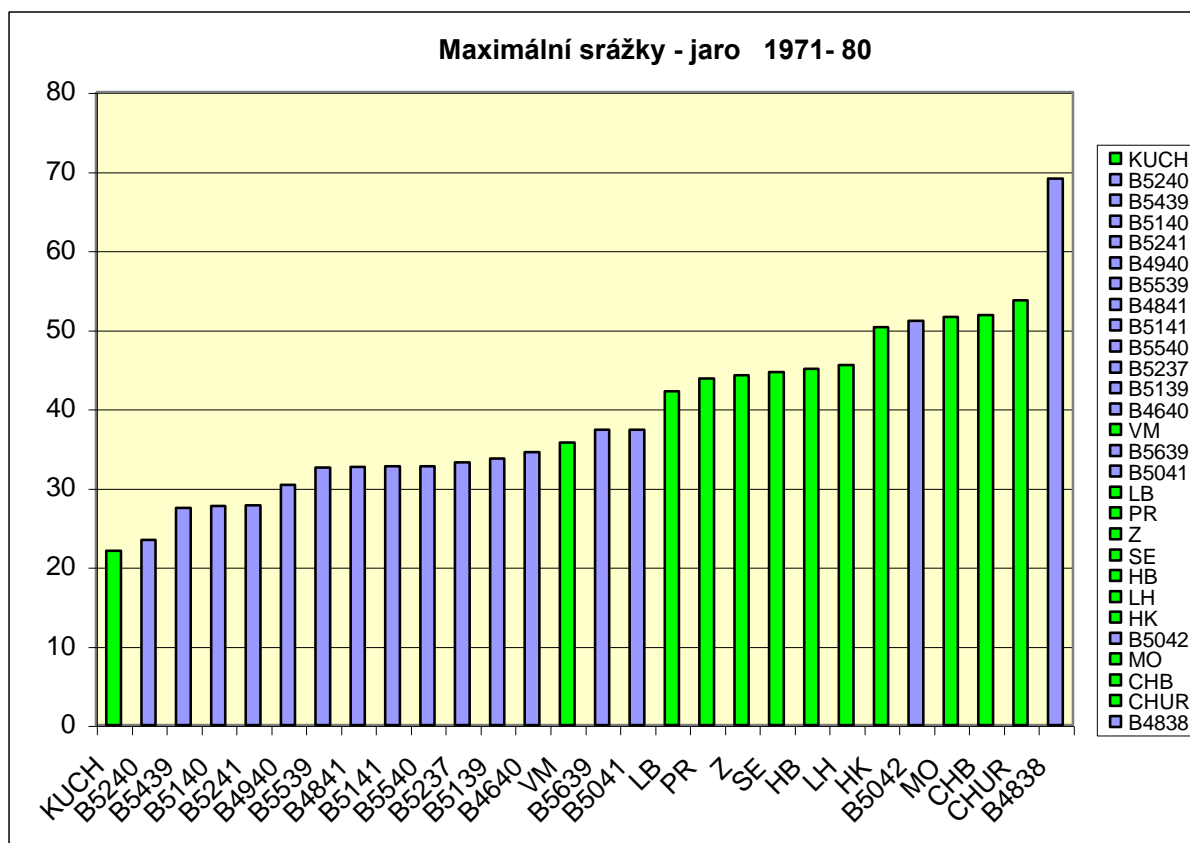
### Schopnost modelu zachytit nejvyšší denní úhrny srážek za desetiletí

U souborů denních úhrnů srážek byly zjištěny maximální denní úhrny srážek pro jednotlivá desetiletí a sezónu roku. Vzhledem k značným odlišnostem modelové a reálné orografie, která se týká nejen rozdílných nadmořských výšek stanic a modelových bodů, ale i rozdílné orientace skutečných a modelových horských hřebenů vzhledem k převládajícím směrům proudění v naší oblasti, nebyla maxima srážek na stanicích posuzována jednotlivě vzhledem k nejbližšímu uzlovému bodu, ale jako celek. Sledovalo se tedy, jak zapadají maxima v uzlových bodech mezi pozorovaná maxima. Pozorovaná maxima i modelová maxima byla pro každé desetiletí a sezónu roku seřazena podle velikosti. Z obr. 7.7 pro jaro je patrné, že v prvním desetiletí modelová maxima zapadají dobře mezi hodnoty na stanicích, skokem se odlišuje úhrn na Lysé hoře. Třetí desetiletí je zajímavé tím, že modelová maxima jsou kumulována na levé straně grafu, model tedy spíše maxima pozorovaná v tomto desetiletí podhodnocoval. Na druhé straně v uzlovém bodě 4838 (poblíž Churáňova) najdeme nejvyšší hodnotu pro toto desetiletí. K podobné situaci ve větší či menší míře dochází u každé sezóny.



Obr. 7.7: Nejvyšší denní úhrny srážek na 12 stanicích a v 16 uzlových bodech v dané sezóně a desetiletí seřazené podle velikosti.

**Shrnutí:** *Vždy se vyskytlo desetiletí, ve kterém se v seřazené řadě modelová maxima střídají s maximy na stanicích (např. III. desetiletí v létě, zimě a na podzim) a desetiletí, kdy jsou maxima na stanicích výrazně kumulována v oblasti vyšších hodnot a model tedy maximální srážky výrazně podhodnotil (např. II. desetiletí v létě, I. desetiletí na podzim a v zimě). Důvodem bude rozdílnost povětrnostních situací, při kterých se vyskytly maximální srážky. Model je schopen některé z těchto situací zřejmě simulovat lépe a v jiných selhává.*



Obr. 7.8 . Totéž jako na obr. 7.7, ale pro desetiletí 1971 – 1980.

### Schopnost modelu zachytit časový výskyt vyšších srážkových úhrnů

Podle očekávání se ukázalo, že hodnoty korelačních koeficientů mezi časovými řadami odchylek od průměrů měřených a modelových srážek jsou ve všech sezónách roku nízké (viz tab. 7.11). Měřené a modelové úhrny srážek tedy, na rozdíl od teplot, příliš nekorelují. Nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů připadají na zimu (Spearmanův 0,40-0,52, klasický 0,33-0,37) a podzim (Spearmanův 0,36 až 0,50, klasický 0,25 až 0,36). Na jaře a v létě jsou hodnoty nižší (Spearmanův 0,33 až 0,40, klasický 0,17 až 0,25). Nejlépe si odpovídají časové řady pro stanici Havlíčkův Brod a uzlový bod v jeho blízkosti. To je zřejmě dáno tím, že stanice i uzlový bod mají stejnou nadmořskou výšku.

Srážky	ZAT	HB	LH
jaro	0,33 (0,17)	0,36 (0,25)	0,38 (0,23)
léto	0,34 (0,20)	0,36 (0,24)	0,40 (0,20)
podzim	0,36 (0,25)	0,49 (0,36)	0,50 (0,31)
zima	0,40 (0,33)	0,51 (0,37)	0,52 (0,33)

Tab. 7.11: Hodnoty Spearmanových korelačních koeficientů a klasických korelačních koeficientů (uvedených v závorce) pro stanice Žatec, Havlíčkův Brod a Lysá hora.

Vyhodnocení úspěšnosti modelu zachytit časový výskyt vysokých srážkových úhrnů pak bylo provedeno následovně:

1) Bylo sledováno, zda je model schopen zachytit epizody vysokých srážkových úhrnů (úhrny vyšší než příslušné 90% kvantily  $R_{0,90}$ ), které se vyskytly na stanici Lysá hora a Žatec, případně některé další situace s extrémními srážkovými úhrny uvedené v Štekl a kol.

(2001). U modelu se za srážkovou epizodu považovala situace, kdy modelové srážky byly vyšší než 90% kvantil vypočítaný z modelových dat.

2) Úspěšnost modelu zachytit vysoké srážkové úhrny byla hodnocena pomocí skills score koeficientů pro dny se srážkovým úhrnem vyšším než je hodnota  $R_{0,90}$  pro dvojice Žatec-uzlový bod 4841, Semčice-bod 5041, Kuchařovice- bod 5237, Praha-Ruzyně-bod 4940, Havlíčkův Brod-bod 5139, Lysá hora -bod 5539 a Churáňov-bod 4838.

#### **ad 1) Epizody vysokých úhrnů srážek**

Za srážkové epizody byly považovány dva nebo více za sebou jdoucí dny, kdy denní srážkový úhrn přesáhl hodnotu  $R_{0,90}$ , vypočítanou ze 40-leté řady pro jednotlivé sezóny. Tyto epizody byly sledovány jednak na stanicích a jednak v uzlových bodech v blízkosti stanic. Vzájemným porovnáváním se pak zjišťovaly případné shody v datu nástupů a konců období. Dále byly konkrétně vyhodnoceny situace s extrémními srážkovými úhrny uvedené v Štekl a kol. (2001).

Na sledovaných stanicích se většinou vyskytly dvou- nebo třídenní epizody, výjimečně i čtyřdenní s denními úhrny srážek vyššími než 90% kvantil. Model zpravidla tyto epizody neodhalil celé, ale zachytil alespoň jeden z těchto dní. V některých situacích se mu podařilo zachytit celou dvoudenní epizodu nebo dva dny ze třídenní či vícedenní epizody, k tomu však došlo jen zřídka. Navíc pokud se shodují staniční a modelové epizody v datu nástupu a konce epizody, liší se výrazně v celkovém úhrnu srážek za toto období. Měřené hodnoty srážkových úhrnů jsou vyšší než udává model, mnohdy i několikanásobně. V některých situacích model epizodu zaznamenal ale s jednodenním předstihem nebo zpožděním. Poněkud větší úspěšnosti model dosahoval v létě a v zimě, na jaře a na podzim byla úspěšnost menší. Na podzim na stanici Žatec dokonce model nezachytil žádnou ze 14 pozorovaných epizod. Nejúspěšnější byl na téže stanici v zimě, kdy se mu podařilo odhalit 4 ze 13 epizod. V ostatních případech model odhalil v průměru 2-3 situace z 28-37 na Lysé hoře a 0-4 z 11-14 v Žatci (viz. tab. 7.12).

Žatec - 4841		Lysá hora - 5539	
jaro	1 ze 14	jaro	3 z 37
léto	3 z 11	léto	4 z 33
podzim	0 ze 14	podzim	3 z 28
zima	4 ze 13	zima	2 z 34

*Tab. 7.12: Počet modelem zachycených srážkových epizod na jejich celkovém počtu výskytu.*

Modelové epizody jsou zpravidla rovněž dvou- až třídenní, mohou se vyskytnout i pětidenní, viz například 20-24.2.1993 v bodě 4841 v blízkosti Žatce. Model většinu svých extrémních epizod dává na dny, které jsou na stanici zpravidla srážkově průměrné, např. ve výše uvedených dnech byly srážky v Žatci průměrné, pouze 24.2. se vyskytl vyšší srážkový úhrn, který přesáhl hodnotu  $R_{0,90}$  rovnou 5,5 mm.

Z pohledu šesti vytypovaných srážkově extrémních situací uvedených v Štekl a kol. (2001) byl model v souhrnu neúspěšný. Nepodařilo se mu dokonce odhalit ani extrémní srážkovou epizodu související s povodněmi na Moravě v červenci 1997 (pozn. „zachycení“ dané epizody znamená, že model správně určil datum nástupu a konce období, nerozumí se tím odhadnutí celkového úhrnu srážek za epizodu. Pokud bychom totiž kritérium takto zpřísnili, model by danou epizodu nezachytil nikdy).



### *Přehled situací:*

- 17. a 18. 7.1970  
oblast: Moravskoslezské Beskydy  
srážkový úhrn na stanici Lysá hora 102,6 a 148,6 mm, model situaci nezachytil, modelový srážkový úhrn byl 5,7 a 3,7 mm
- **20. a 21. 8. 1972**  
oblast: Moravskoslezské Beskydy  
srážkový úhrn na stanici Lysá hora 159,5 a 211,7 mm, **model situaci zachytil**, srážkový úhrn z modelu 10,5 a 12,3 mm přesáhl hodnotu  $R_{0,90}$  (8,9 mm)
- 1., 2. a 3. 8.1977  
oblast Moravskoslezské Beskydy  
srážkový úhrn na stanici Lysá hora 111,3 mm, 88,7 mm a 37 mm, model situaci nezachytil, modelové srážkový úhrn 2,2 mm, 3,9 mm a 1,3 mm
- **7. a 8. 9. 1996**  
oblast Moravskoslezské Beskydy  
srážkový úhrn na stanici Lysá hora 158,8 mm a 36,1 mm, **model zachytil první den**, 16,6 mm
- 6., 7. a 8. 7. 1997  
oblast Moravskoslezské Beskydy  
srážkový úhrn na stanici Lysá hora 233,8 mm, 105,2 mm a 170,7 mm, model situaci nezachytil, srážkový úhrn z modelu 0,8 mm a 2,5 mm a 3 mm
- 31. 7.1 977  
oblast Šumava  
srážkový úhrn na stanici Churáňov 153,5 mm (90% kvantil je zde 16,8 mm), model situaci nezachytil, modelový úhrn srážek byl 1,12 mm (hodnota  $R_{0,90}$  je 6,7 mm).

Je zřejmé, že na rozdíl od horkých a studených vln, u kterých model dobře odhadl jejich zvýšený výskyt v letech 1986, 1992, 1994 (horké vlny) a 1963 (studené vlny), je schopnost modelu zachytit epizody vysokých srážek podstatně nižší.

### **ad 2) Skill score**

Schopnost modelu zachytit den s extrémním srážkovým úhrnem (den, kdy denní srážkový úhrn přesáhl hodnotu  $R_{0,90}$ , vypočítanou za 40 let na dané stanici a v uzlovém bodě v její blízkosti) byly dále použity skill score koeficienty - Hit Rate (dále HR), False Alarm Rate (dále FAR), Heidke Score (dále HEIDKE), Threat score (dále TS) a Bias (dále B), které jsou blíže popsány v 4.3.

Z tab. 7.13 je patrné, že hodnota HR je poměrně nízká, pohybuje se mezi 0,19 – 0,38. To znamená, že podíl úspěšně zachycených vysokých srážek (situace ano-ano) ku celkovému výskytu naměřených srážek nad 90% kvantil, je malý. Na jaře a v létě jsou hodnoty zpravidla o něco nižší než na podzim a v zimě. Nejvyšší hodnota 0,38 (tj. z celkového počtu pozorovaných úhrnů srážek vyšších než 90% kvantil model „předpověděl“ 38%) připadá na zimu na stanice Churáňov a Semčice a jejich přilehlé body.

Hodnota FAR je velmi nízká, kolísá mezi 0,06-0,09. To znamená, že pouze v 6 až 9% případech, kdy se na stanici nevyskytly vysoké srážky, je model dávný. Nejvyšší hodnota FAR připadá na léto v Žatci a jeho uzlovém bodě (0,09).

Hodnota Threat Score je také velmi nízká, a tedy úspěšnost modelu zachytit den s extrémními srážkami na stanici je velmi nízká. Hodnoty se pohybují mezi 0,06 – 0,19. V zimě a na podzim jsou hodnoty téměř vždy vyšší než na jaře a v létě. Největší úspěšnost měl model v zimě v uzlovém bodě v blízkosti stanice Churáňov, naopak nejnižší na jaře v uzlovém bodě u Žatce.

Hodnota Bias je vždy větší než 1, tedy model dává srážky vyšší než je 90% kvantil (vypočtený z modelových dat) častěji, než je tomu u měřených srážek. Nejvyšší hodnoty připadají na stanici Žatec, kde model předpovídá jev více než 2krát častěji než opravdu nastal, dále na stanice Kuchařovice a Praha-Ruzyně, kde se hodnoty také pohybují okolo 2. Nejnižší hodnoty Bias má stanice Lysá hora.

<b>ŽATEC</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,19	0,25	0,21	0,34
FAR	0,08	0,09	0,07	0,07
HEIDKE	0,89	0,89	0,90	0,90
THREAT	0,06	0,08	0,07	0,13
BIAS	2,25	2,42	2,17	2,01

<b>PR</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,28	0,21	0,32	0,36
FAR	0,08	0,08	0,07	0,07
HEIDKE	0,90	0,89	0,91	0,91
THREAT	0,11	0,08	0,12	0,14
BIAS	1,84	1,93	2,04	1,87

<b>LH</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,23	0,19	0,26	0,22
FAR	0,08	0,08	0,07	0,07
HEIDKE	0,88	0,88	0,89	0,89
THREAT	0,11	0,08	0,12	0,10
BIAS	1,34	1,51	1,43	1,38

<b>CHUR</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,26	0,23	0,31	0,38
FAR	0,07	0,07	0,06	0,06
HEIDKE	0,89	0,89	0,90	0,90
THREAT	0,12	0,11	0,14	0,19
BIAS	1,39	1,43	1,51	1,35

<b>KUCH</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,31	0,21	0,30	0,27
FAR	0,07	0,07	0,06	0,07
HEIDKE	0,91	0,90	0,92	0,90
THREAT	0,12	0,08	0,11	0,10
BIAS	1,97	1,87	1,92	2,03

<b>HB</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,28	0,28	0,35	0,27
FAR	0,07	0,08	0,06	0,07
HEIDKE	0,90	0,89	0,92	0,89
THREAT	0,12	0,11	0,15	0,13
BIAS	1,63	1,85	1,74	1,35

<b>SE</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>zima</b>
HR	0,28	0,23	0,32	0,38
FAR	0,07	0,08	0,07	0,07
HEIDKE	0,90	0,89	0,90	0,90
THREAT	0,12	0,08	0,13	0,17
BIAS	1,69	1,97	1,69	1,54

Tab. 7.13: Skill score koeficienty pro vybrané stanice. Z označuje Žatec, PR označuje stanici Praha-Ruzyně, LH je Lysá hora, CHUR je stanice Churáňov, KUCH označuje Kuchařovice, HB Havlíčkův Brod a SE jsou Semčice.

**Shrnutí:** Schopnost modelu zachytit časový výskyt vyšších srážkových úhrnů je velmi malá. Nasvědčují tomu nejen hodnoty korelačních koeficientů mezi časovými řadami odchylek od průměrů měřených a modelových srážek, které jsou poměrně nízké, ale také nízké hodnoty Heat Rate a Threat Score koeficientů. Podobně v zachycení epizod vysokých úhrnů srážek uvedených ve Štekl a kol. (2001) byl model v souhrnu neúspěšný.

## Závěr

Prvním úkolem diplomové práce bylo shrnout dosavadní poznatky o kolísání a změnách klimatu v posledních 100 letech se zaměřením na Evropu a tyto poznatky pak doplnit o závěry studií provedených v České republice.

Dalším úkolem bylo vybrat vhodné charakteristiky, které mohou citlivě reagovat na měnící se klima. Určitým vodítkem k výběru těchto charakteristik byly práce Klein Tank a kol. (2000) a Manton a kol. (1998). Zvolené charakteristiky byly zaměřeny:

- a) na změny průměrných hodnot (průměrná denní amplituda teploty vzduchu, délka vegetačního a letního období, délka mrazového období, průměrná délka srážkového období a období beze srážek),
- b) na změny extrémních jevů (počet dní v horkých a studených vlnách, hodnoty 10% a 90% kvantilů denní maximální a minimální teploty vzduchu, počet dní v dané sezóně s teplotou vyšší resp. nižší než stanovená mez).

Pro 29 stanic České republiky bylo celkem spočítáno 14 teplotních a 8 srážkových charakteristik za období 1961-2000. V neposlední řadě se také sledovala závislost kvantilů maximální a minimální teploty vzduchu a kvantilů srážek na nadmořské výšce. Výsledky analýzy těchto charakteristik lze shrnout následovně:

Téměř všechny charakteristiky se na jaře, v létě a v zimě chovaly podobně, odlišný trend i charakter změn z desetiletí na desetiletí se projevoval na podzim.

### *Teplota vzduchu*

Průměrná denní amplituda teploty vzduchu v období 1961 – 2000 zpravidla rostla statisticky významně ve všech ročních obdobích, kromě podzimu. Výjimku tvořily jen horské stanice. Oproti tomu v tomto období došlo jen k nevýrazným změnám maximální sezónní amplitudy teploty vzduchu. Její pokles na jaře a na podzim a růst v létě a v zimě na téměř všech stanicích, nezávisle na tom, v jaké nadmořské výšce se nacházejí, nebyl statisticky významný.

Růst délky letního období se podařilo statisticky prokázat pouze na dvou stanicích z 29, širší vegetační období se zpravidla prodlužovalo na nížinných stanicích, užší vegetační období se naopak prodlužovalo na stanicích s vyšší nadmořskou výškou.

Počet dní v horkých (teplých) vlnách se zvyšoval (statisticky významně) v zimě a v létě v průběhu sledovaného období zpravidla na všech stanicích. Oproti tomu počet dní ve studených (chladných) vlnách se na jaře, v létě a v zimě snižoval. K nejvýraznějšímu poklesu počtu dní ve studených (chladných) vlnách došlo na nížinných stanicích. Podobně i délka mrazového období se na všech 29 stanicích zkracovala, nejméně na jedné stanici v každém výškovém patře statisticky významně. Nejdelší mrazové období zpravidla připadalo na II. desetiletí (1971-1980). Ve většině případů také platí, že pokud došlo v daném desetiletí k prodlužování délky mrazového období, tak se délka vegetační sezóny zkracovala.

Průměrné hodnoty 90% kvantilů denní maximální teploty vzduchu rostly na jaře, v létě a v zimě v průběhu sledovaných čtyřiceti let zpravidla výrazněji, než průměrné hodnoty 10% kvantilů maximální teploty. Projevilo se to jednak na statistické významnosti lineárních trendů 90% kvantilů maximální teploty vzduchu, a také na změnách průměrů těchto kvantilů z desetiletí na desetiletí. Hodnoty 90% kvantilů rostly postupně z desetiletí na desetiletí, zatímco u 10% kvantilů častěji kolísaly. Nejvýraznější byl růst 90% kvantilů maximální teploty v zimě, kdy zřejmě došlo k posunu středů rozdělení směrem k vyšším hodnotám a jeho protažení na pravém konci. Podobně se chovalo rozdělení také u kvantilů minimální

teploty, ale posunutí rozdělení směrem k vyšším hodnotám nebylo tak výrazné jako u maximální teploty. Hodnoty všech čtyř kvantilů se tedy na naprosté většině stanic během sledovaného období zvyšovaly a to ve všech sezónách roku, zpravidla kromě podzimu. Rostoucí trend byl výraznější u kvantilů maximální teploty než u kvantilů teploty minimální.

V souvislosti se zvyšováním hodnot 10% a 90% kvantilů denní maximální a minimální teploty docházelo i ke změnám počtu dní v dané sezóně, které mají teploty nižší, resp. vyšší než je hodnota 10%, resp. 90% kvantilu. Počet dní s denní maximální i minimální teplotou nižší než 10% kvantil se ve všech sezónách, kromě podzimu, snižoval a počet dní s teplotou vyšší než 90% kvantil se zvyšoval. Zjevná byla koncentrace počtu dní s teplotou nižší než 10% kvantil maximální teploty do I. desetiletí (1961-1970) a koncentrace počtu dní s teplotou vyšší než 90% kvantil maximální teploty do posledního desetiletí (1991-2000). I chování těchto charakteristik vypovídalo o posunu statistických rozdělení směrem k vyšším hodnotám. Na podzim však průměrné hodnoty podílů zůstávaly beze změn.

#### *Atmosférické srážky*

V létě a v zimě byla srážková i bezsrážková období zpravidla delší, na jaře a na podzim kratší a jejich četnost vyšší. Trendy nebyly statisticky významné. Také zvýšení příp. snížení počtu dní v nejdelším srážkovém a bezsrážkovém období nebylo statisticky významné. O změnách jejich délky nelze ve sledovaném období 1961-2000 učinit obecný závěr, většina stanic se chovala individuálně a rovněž chování průměrů v jednotlivých sezónách se od sebe lišila.

Lineární trendy závislosti podílu srážkových úhrnů vyšších než 90%, resp. 95% kvantil na celkovém úhrnu srážek na nadmořské výšce nebyly statisticky významné. Zpravidla byly záporné, tedy největší procento velkých srážkových úhrnů ku celkovým srážkám nebylo nejvyšší na stanicích ve vyšších nadmořských výškách, ale naopak na stanicích v nadmořských výškách do 500 m n.m. Protože velké srážkové úhrny s nadmořskou výškou rostly, znamená to, že na stanicích ve větších nadmořských výškách byly úhrny spadlé během silných srážkových epizod či dní vyšší než na stanicích v menších nadmořských výškách, ale nepodílely se tak významně na celkových srážkách, jako právě na stanicích v menších nadmořských výškách.

#### *Porovnání s výstupy modelu RegCM3*

Při hodnocení schopnosti regionálního klimatického modelu RegCM3 simulovat hodnoty vybraných klimatických charakteristik v období 1961-2000 byla pozornost zaměřena především na charakteristiky, které souvisí s extrémními teplotními a srážkovými jevy.

Shoda modelových rozdělení denních minimálních teplot vzduchu s rozděleními měřených teplot je mnohem lepší než u denních maximálních teplot. Model má tedy tendenci hodnoty na levém konci rozdělení spíše nadhodnocovat, na pravém konci rozdělení podhodnocovat.

Hodnoty korelačních koeficientů odchylek denní maximální, minimální a průměrné teploty od průměru jsou ve všech sezónách roku poměrně vysoké, tedy měřené a modelové teploty dobře korelují. Průměrnou denní amplitudu a maximální sezónní amplitudu teploty vzduchu, délku vegetační sezóny, počet dní v horkých (teplých) a studených (chladných) vlnách a délku vegetační má RegCM3 tendenci podhodnocovat. Podobně RegCM3 podhodnocuje i 10 % a 90% kvantily denní maximální teploty vzduchu. Hodnoty 10% kvantilu minimální teploty model výrazně nadhodnocuje, u 90% kvantilů minimální teploty je shoda lepší.

Pokud se týká atmosférických srážek model RegCM3 dával vyšší četnost výskytu velmi malých úhrnů srážek a naopak nižší četnost výskytu vysokých úhrnů srážek, zejména v létě. Z porovnání hodnot 20% a 90% kvantilů vyplynulo, že model RegCM3 může mít oproti naměřeným souborům srážek posunuté centrum statistických rozdělení směrem k nižším hodnotám, i užší rozpětí hodnot. RegCM3 hodnoty 90% a 95% kvantilů srážek podhodnocoval a podhodnocoval rovněž podíl srážek nad těmito zvolenými mezními

srážkami na celkovém úhrnu srážek. V uzlových bodech RegCM3 se většinou nepotvrdil, podobně jako na vybraných stanicích, růst hodnot 90% a 95% kvantilů srážek.

Průměrnou délku srážkového období model výrazně nadhodnocoval a vyznačoval se také vyšší proměnlivostí desetiletých průměrů. Podobně nadhodnocoval výrazně i délku nejdelšího srážkového období, v průměru 2,5krát, v některých sezónách až 3krát. Průběh desetiletých průměrů průměrné délky období beze srážek byl, až na výjimky, podobný chování průměrů na stanicích, hodnoty však byly výrazně nižší než na stanicích. Délku nejdelšího období beze srážek model také výrazně podhodnocoval, v některých sezónách i o více než polovinu.

Schopnost modelu zachytit časový výskyt vyšších srážkových úhrnů byla velmi malá. Nasvědčují tomu nejen hodnoty korelačních koeficientů mezi časovými řadami odchylek od průměrů měřených a modelových srážek, které jsou poměrně nízké, ale také nízké hodnoty „Heat Rate“ a „Threat Score“ koeficientů (viz 4.3). Podobně v zachycení epizod vysokých úhrnů srážek v České republice uvedených ve Štekl a kol. (2001) byl model v souhrnu neúspěšný.

Z výše uvedeného vyplývá, že v České republice došlo během posledních 40 let k výrazným změnám některých teplotních charakteristik (průměrná denní amplituda teploty, počet dní v horkých vlnách, délka mrazového období). Některé charakteristiky naopak zůstaly po celé sledované období téměř beze změn (maximální sezónní amplituda teploty, délka srážkových a bezesrážkových období). Podzim se zpravidla od ostatních sezón výrazně lišil. Pokud se týká schopnosti RegCM3 vystihnout hlavní rysy podnebí České republiky, model zpravidla dokázal zachytit časový vývoj teplotních charakteristik, ale jejich hodnoty většinou výrazně podhodnotil. U srážkových charakteristik je shoda modelu se skutečností horší než u teplotních charakteristik. Modelu se pravidla nepodařilo zachytit časový vývoj charakteristik, průměrné hodnoty některých charakteristik výrazně podhodnocoval, jiných nadhodnocoval. Na nepřesnostech u teplotních charakteristik se zjevně podílela orografie modelu, u srážek vedle orografie také potlačení vlivu konvekce a vlivu orografie na srážky.

Mnou předkládaná diplomová práce by mohla společně s dalšími studii přispět rozšíření poznatků a přiblížení problematiky o kolísání klimatu na území ČR, se zaměřením na výskyt extrémních jevů v regionálním měřítku, a může sloužit jako podklad pro další výzkum a zdokonalování regionálních klimatických modelů. Jedním z námětů pro případné další studium je provedení podrobnější analýzy regionálních klimatických modelů, např. jejich schopnosti zachytit změny atmosférické cirkulace.

## Literatura

- Akinremi, O. O., McGinn, S. M., Cutforth, H. W. (1999): Precipitation trends on the Canadian Prairies. *J. Climate* **12**, 2996-3003.
- Beranová, R. (2002): Pražský tepelný ostrov: intenzita a dlouhodobé změny za různých synoptických podmínek. Diplomová práce, MFF UK, Praha, 84s.
- Bonsal, B. R., Zhang, X., Vincent, L. A., Hogg, W. D. (2001): Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada. *J. Climate* **14**, 1959-1976.
- Borák, M. (2000): Vztah mezi teplotou povrchu oceánu a atmosférickou cirkulací. Diplomová práce, MFF UK, Praha, 93s.
- Brádka, Z. (1950): Kalendář vzduchových hmot pro Prahu. *Meteorologické Zprávy* **4**, přílohy p.6, p.14-15, p.26, p.35, p.40.
- Brázdil, R., Štěpánek, P. (2000): Analýza srážkových a bezesrážkových období. Výzkumná zpráva projektu VaV/740/1/00: Výzkum dopadu klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku, Brno.
- Brown, S. J. (2000): Northern Hemisphere snow cover variability and change, 1915-1997. *J. Climate* **13**, 2339-2355.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M., Nanni, T. (2000a): Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology* **66**, 49-60.
- Brunetti, M., Cecchini, S., Maugeri, M., Nanni, T. (2000b): Solar and terrestrial signals in precipitation and temperature in Italy from 1865 to 1996. *Advances in Geosciences*, W. Schröder (Editor), IAGA, 124-133.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Mangianti, F., Maugeri, M., Nanni, T. (2003): *Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy*. *Global and Planetary Change* **40** (2004), 141-149.
- Bulygina, O. N. (1998): Climate Variations and Changes the Climate Extreme Events in Russia. Referát na 2. Evropské konferenci o aplikované klimatologii ve Vídni.
- Cavaleri, D. J., Gloersen, P., Parkinson, C. L., Comiso, J. C., Zwally, H. J. (1997): Observed hemispheric asymmetry in global sea ice Changes. *Science* **278**, 1104-1106.
- Changnon, S. A., Changnon, D., Fosse, E. R., Hoganson, D. C., Roth, R. J., Totsch, J. (1996): Impacts and Responses of the Weather Insurance Industry to Recent Weather Extremes. *Final Report to UCAR from Changnon Climatologist*, CRR-41, Mahomet, IL, 166s.
- Chanin, M. L., Ramaswamy, V. (1999): „Trends in Stratospheric Temperatures“ in WMO (World Meteorological Organization), Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, *Global Ozone Research and Monitoring Project – Report* **44**, Geneva, pp. 5.1-5.59.
- Collins, D. A., Della-Marta, P. M., Plummer, N., Trewin, B. C. (2000): Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine* **49**, 277-292.
- Dai, A., DelGenio, A. D., Fung, I. Y. (1997a): Clouds, precipitation, and temperature range. *Nature* **386**, 665-666.

- Dai, A., Trenberth, D. E., Karl, T. R. (1998): Global variations in droughts and wet spells: 1900-1995. *Geophys. Res. Lett.* **25**, 3367-3370.
- Dai, A., Trenberth, D. E., Karl, T. R. (1999): Effects of clouds, soil moisture, precipitation and water vapor on diurnal temperature range. *J. Climate* **12**, 2452-2473.
- De Gaetano, A. (1996): Recent Trends in Maximum and Minimum Temperature Threshold Exceedences in the Northeastern United States. *J. Climate* **9**, 1646-1657.
- Diaz, H. F., Graham H. F. (1996): Recent Changes in tropical freezing heights and the role of sea surface temperature. *Nature* **383**, 152-155.
- Dickinson, R., Errico, R. M., Giorgi, F., Bates, G. T. (1989): A regional climate model for the western United States. *Clim. Change* **15**, 383-422.
- Easterling, D. R., Horton, B., Jones, P. D., Peterson, T. C., Karl, T. R., Parker, D. E., Salinger, M. J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., Folland, C. K. (1997): Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* **277**, 364-367.
- Easterling, D. R. (1998): Variations and Trends in Extreme Events in the USA. Referát na 2. Evropské konferenci o aplikované klimatologii ve Vídni.
- Easterling, D. R., Evans, J. L., Groisma, P. Ya., Karl, T. R., Kunkel, K. E., Ambenje, P. (2000): Observed variability and trends in extreme climate events. *Bull. Am. Mes. Soc.* **81**, 417-425.
- ESCN (1995): Climate of Europe. Recent Variation, Present State and Future Prospects. First European Climate Assessment. KNMI, De Bilt, 1995.
- Faragó, T. Katz, R.W. (1990): Extremes and Design Values in Climatology. WCAP – 14, WMO/TD – No. 386, 43 pp.
- Folland, C. K., Parker, D. E., Palmer, T. N. (1986): Sahel rainfall and worldwide sea temperatures 1901-1985. *Nature* **320**, 602-607.
- Folland, C. K., Parker, D. E., Colman, A. W., Washington, R. (1999a): Large scale modes of ocean surface temperature since the late nineteenth century. In: *Beyond El Nino: Decadal and Interdecadal Climate Variability*, A. Navarra (ed.), Springer-Verlag, Berlin, 73-102.
- Forland, E. J., Alexanderson, H., Drebs, A., Hassen-Bauer, I., Vedin, H., Tveito, O. E. (1998): Trends in maximum 1-day precipitation in the Nordic region, *DNMI-KLIMA* **14/98**, Norwegian Meteorological Institute, N-0313 Oslo, Norway, 55s.
- Frei, C. (1998): Centennial Variations of Intense Precipitation in Switzerland. Referát na 2. Evropské konferenci o aplikované klimatologii ve Vídni.
- Frei, C., Schaer, C. (2001): Detection probability of trends in rare events: Theory and application to heavy precipitation in the Alpine Region. *J. Climate* **14**, 1568-1584.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein-Tank, A., Peterson, T. (2001): Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th Century. *Clim Res.*, in press.
- Giorgi, F. (1990): Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *J. Climate* **3**, 941-963.
- Giorgi, F., Marinucci, M. R., Bates, G. T. (1993a): Development of a second generation regional climate model (RegCM2) I: Boundary layer and radiative transfer processes. *Mon. Wea. Rev.* **121**, 2794-2813.

- Giorgi, F., Marinucci, M. R., Bates, G. T. (1993b): Development of a second generation regional climate model (RegCM2) II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon. Wea. Rev.* **121**, 2814-2832.
- Goodess, C. (2002-2005): Statistical and Regional dynamical Downscaling of Extremes for European regions. A research project supported by the European Commission under the Fifth Framework Programme and contributing to the implementation of the Key Action „Global change, climate and biodiversity“ within the Environment, Energy and Sustainable Development. Contract no: EVK2-CT-2001-00115, Climatic Research Unit. Projekt lze najít na internetové adrese <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/stardex/>
- Grell, G., Kuo, Y. H., Pasch, R. J. (1991): Semi-prognostic tests of cumulus parameterization schemes in the middle latitudes. *Mon. Wea. Rev.* **119**, 5-31.
- Groisman, P. Ya., Karl, T. R., Easterling, D. R., Knight, R. W., Jamason, P. B., Hennessey, K. J., Suppiah, R., Page, C. M., Wibig, J., Fortuniak, K., Razuvaev, W. N., Douglas, A., Forland, E., Zhai, P. M. (1999): Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. *Clim. Change* **42**, 243-283.
- Gruza, G., Rankova, E., Razuvaev, V., Bulygina, O. (1999): Indicators of climate change for the Russian Federation. *Clim. Change* **42**, 219-242.
- Haeberli, W., Hoelzle, M., Suter, S. (1998): Into the second century of worldwide glacier monitoring: prospects and strategies, A contribution to the International Hydrological Programme (IHP) and the Global Environment System. *UNESCO Studies and Reports in Hydrology* **56**, Paris.
- Halenka, T. (2004): Analýza neurčitosti stanovení četnosti výskytu a intenzity extrémních jevů v atmosféře v důsledku klimatické změny. *Závěrečná zpráva projektu GAČR 205/03Z024*, Praha.
- Hanousek, J., Charamza, P. (1992): Moderní metody zpracování dat – matematická statistika pro každého. Grada a.s, Praha, 216s.
- Heino, R., Brázdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetz, M., Rosenhagen, G., Roesner, S., Wibig, J. (1999): Progress in the study of climatic extremes in Northern and Central Europe. *Clim. Change* **42**, 151-181.
- Hess P., Brezowsky H. (1952): Katalog der Grosswetterlagen Europas. *Ber. Dt. Wetterdienstes in der US-Zone Nr.* **33**, 39 pp.
- Hurrell, J. W. (1996): Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperatures. *Geophys. Res Lett.* **23**, 665-668.
- IPCC (1996): *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572s.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881s.
- Jenkinson, A. F. (1955): The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **81**, 158 – 171.
- Jenkinson, A. F. (1969): *Statistics of Extremes.* In: Estimation of Maximum Floods. WMO Technical Note No. 98, 183 – 257.
- Jolliffe I. T., Stephenson, D.B. (eds) (2003): *Forecast Verification. A Practitioner's Guide in Atmospheric Science.* Wiley, USA, 240 pp.



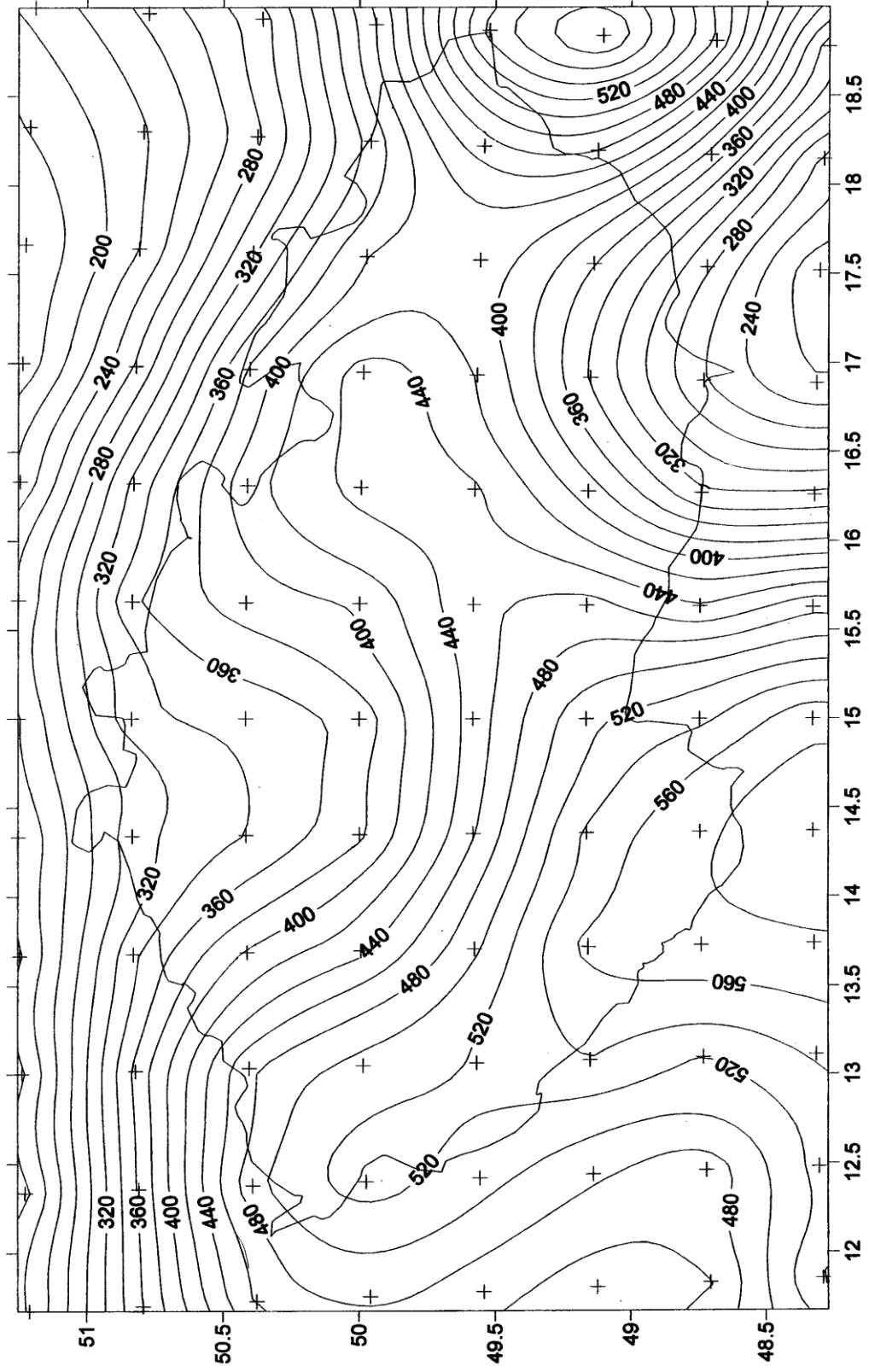
- Jones, P. D., Osborn, T., J., Briffa, K. R., Folland, C. K., Horton, E. B., Alexander, L. V., Parker, D. E., Rayner, N. A. (2001): Adjustin for sampling density in grid box land and ocean surface temperature time series. *J. Geophys. Res.* **106**, 3371-3380.
- Jones, P. D., Hulme, M. (1996): Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *Int. J. Climatol.* **16**, 361-377.
- Kalvová a kol. (2001): Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu pro ČR. *Závěrečná zpráva projektu VaV/740/1/00. MFF UK, NKP, MŽP.*
- Kalvová, J., Dubrovský, M., Urban, L., Novotný, J., 1995: Scénáře změny klimatu pro Českou republiku. NKP **17**, Praha, 101 s
- Karl, T. R. et al. (1996) : Indices of Climate Change for the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc* **77**, 279-291.
- Karl, T. R., Knight, R. W., Knight (1998): Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the USA. *Bull. Am. Met. Soc.* **79**, 231-241.
- Klein Tank, A. M., Können, G. P. (2003): *Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-1999.* American Meteorological Society, 3665-3680.
- Kliegrová, S. (2003): Současné přístupy k sezónním předpovědím a hodnocení jejich úspěšnosti. *Meteorologické Zprávy*, **56**, 65 – 72.
- Kunkel, K. E., Andsager, K., Easterling, D. R.(1999): Long-term trends in extreme precipitation events over the conterminous United States and Canada. *J. Climate* **12**, 2515-2527.
- Květoňová, H (2000): Charakteristické denní teploty vzduchu v České republice. Závěrečná bakalářská práce, KMOP, MFF UK.
- Kyselý, J., Kalvová, J., Květoň, V. (2000): Heat waves in the south Moravian region during the period 1961-1995. *Studia geoph. et geod.* **44**, 57-72.
- Kyselý, J. (2003): Časová proměnlivost horkých vln v České republice a extrémní horká vlna roku 1994. *Meteorologické zprávy* **56**, 13-19.
- Lachenbruch, A. H., Marshall, B. V. (1986): Changing climate: geothermal evidence from permafrost in the Alaskan Arctic. *Science* **234**, 689-696.
- Leadbetter, M.R., Lindgren, G., Rootzén H., 1983: *Extremes and Related Properties of Random Sequences and Processes.* Springer Verlag, New York.
- Makrogiannis, T. J., Bloutsos, A. A., Giles, B. D. (1982): Zonal index and circulation change in the North Atlantic area, 1873-1972. *J. Climatol.* **2**, 159-169.
- Manton, M. J., Della-Marta, P. M., Haylock, M. R. (2001): Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *Int. J. Climatol.* **21**, 269-284.
- Manton, M. (1998): Indicator for Detecting Variation on Climate Extremes. In: Workshop report. *Asia-Pacific Workshop on Indicators and Indices for Monitoring Trends in Climate Extremes*, Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Australia.
- Marshall, J., Kushnir, Y. (1997): A “white paper” on Atlantic climate variability.
- Metelka, L., 2001: Optimalizace kategoriálních předpovědí. *Meteorologické Zprávy*, **54**, 39 – 45.
- Meteorologický slovník výkladový terminologický. Academia, Praha, 1993.
- Moberg, A., Jones, P. D., Barriendos, M. (2000): Day-to-day temperature variability trends in 160-275-year long European instrumental records. *J. Geophys. Res.* **105**(D18), 22849-22868.

- Neff, W. D. (1999): Decadal time scale trends and variability in the tropospheric circulation over the South Pole. *J. Geophys. Res.* **104**(D22), 27217-27251.
- Noether, G. E. (1986): Why Kendall Tau? *The Best of Teaching Statistics*, University of Connecticut. Dokument dostupný na <http://science.ntu.ac.uk/rsscse/TS/bts/noether/text.html>.
- Osborn, T. J., Hulme, M., Jones, P. D., Basnett, T. A. (2000): Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation. *Int. J. Climatol.* **20**, 347-364.
- Ostrem, G., Liestol, O., Wold, B. (1977): Glaciological investigations at Nigardsbreen, Norway. *Norsk Geogr. Tidsskr.* **30**, 187-209.
- Parkinson, C. L., Cavalieri, D. J., Gloersen, P., Zvally, H. J., Comiso, J. C. (1999): Arctic sea ice extents, areas, and trends, 1978-1996. *J. Geophys. Res.* **104**(C9), 20837-20856.
- Parkinson, C. L. (2000): Variability of Arctic sea ice. The view from space, an 18-year record. *Arctic* **53**, 341-358.
- Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W Mokssit, A., Plummer, N. (2001): Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO Rep. WCDMP-47, Wmo-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143s.
- Piervitali, E., Colacino, M., Conte, M. (1998): Rainfall over the Central-Western Mediterranean basin in the period 1951-1995. Part I: Precipitation trends. *Geophysics and Space Physics* **21C**(3), 331-344.
- Plumme, N., Salinger, M. J., Nicholls, N., Suppiah, R. (1999): Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Clim. Change* **42**, 183-202.
- Podnebí ČSSR (1969). Souborná studie. Hydrometeorologický ústav, Praha, red. Petrovič, Š., Gregor, Z., Pícha, J., Vesecký, A., 357s.
- Ratcliffe, R. A. S., Weller, J., Collinson, P. (1978)“ Variability in the frequency of unusual weather over approximately the last century. *Quart. J. R. Met. Soc.* **104**, 243-256.
- Reiss, R.D., Thomas, M. (2001): *Statistical Analysis of Extreme Values with Applications to Insurance, Finance, Hydrology and other Fields*. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland, 443 pp.
- Robinson, D. A. (1997): Hemispheric snow cover and surface albedo for model validation. *Ann. Glaciol.* **25**, 241-245.
- Robinson, D. A. (1999): Northern Hemisphere snow cover during the satellite era. *Proc. 5<sup>th</sup> Conf. Polar Met. And Ocean.*, Dallas, TX, American Meteorological Society, Boston, MA, 255-260.
- Romero, R., Guijarro, J. A., Ramis, C., Alonso, S. (1998): A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: First exploratory study. *Int. J. Climatol.* **18**, 541-560.
- Ross, R. J., Elliott, W. P. (2001): Radiosonde-based Northern Hemisphere tropospheric water vapour trends. *J. Climate* **14**, 1602-1612.
- Rotrock, D. A., Yu, Y., Maykut, G. A. (1999): Thinning of the Arctic Sea-Ice Cover. *Geophys. Res. Lett.* **26**, 3469-3472.
- Schönwiese, C. D., Rapp, J. (1997): *Climate Trend Atlas of Europe Based on Observations 1891-1990*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 228s.
- Schuermans, C. J. E (1995): Climate Variability in Europe. Přednáška v rámci *Climate Variability and Climate Change Vulnerability and Adaptation*, Praha, 11-15.9.1995.

- Smith, T. M., Livezey, Shen, S. S. (1998): An improved method for analyzing sparse and irregularly distributed SST data on a regular grid: the tropical Pacific Ocean. *J. Climate* **11**, 1717-1729.
- Stone, D. A., Weaver, A. J., Zwiers, F. W. (1999): Trends in Canadian precipitation intensity. *Atmos. Ocean* **2**, 321-347.
- Suppiah, R., Hennesy, K. (1998): Trends in Rainfall Characteristics in Northern Nigeria. *Int. J. Climatol.* **18**, 1141-1155.
- Szinell, C. et al. (1998): Drought Tendencies in Hungary. *Int. J. Climatol.* **18**, 1479-1492.
- Štekl, J., Brázdil, R., Kakos, V., Jež, J., Tolasz, R., Sokol, Z. (2001): *Extrémní denní srážkové úhrny na území ČR v období 1879 – 2000 a jejich synoptické příčiny*. NKP, **31**, ČHMÚ, Praha, 140 s.
- Tarhule, A., Woo, M. (1998): Changes in rainfall characteristics in northern Nigeria. *Int. J. Climatol.* **18**, 1261-1271.
- Tomšů, R. (2002): Extrémní teploty vzduchu v Praze-Klementinu. Závěrečná práce, KMOP MFF UK, Praha.
- Torrence, C., Compo, G. P. (1998): A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Am. Met. Soc.* **79**, 61-78.
- Torrence, J., Webster, P. J. (1998) "The annual cycle of persistence in the El Niño/Southern Oscillation. *Quart. J. R. Met. Soc.* **124**, 1985-2004.
- Trenberth, K. E., Caron, J. M., Stepaniak, D. P. (2001): The Atmospheric Energy Budget and Implications for Surface Fluxes and Ocean Heat Transport. *Clim. Dyn.* **17**, 259-276.
- Tuomenvirta, H. Alexandersson, H., Drebs, A., Frich, P., Nordli, P. O. (2000): Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges. *J. Climate* **13**, 977-990. a kol. (2000)
- Wang, B., Wang, Y. (1996): Temporal structure of the Southern Oscillation as revealed by waveform and wavelet analysis. *J. Climate* **9**, 1586-1598.
- Wibing, J. (2000): Some Aspects of extreme Temperature Variability in Poland in the Present Century. Referát na 3. Evropské konferenci o aplikované klimatologii v Pise.
- WMO (2003): WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2003: Global Temperature in 2003 Third Warmest. WMO-No 702.
- Yan, Z. a kol. (2002): Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations. *Clim. Change* **53**, 355-392.

## Odkazy na internetu

Internetová stránka Českého hydrometeorologického ústavu: <http://www.chmi.cz>  
 Internetová stránka Světové meteorologické organizace: <http://www.wmo.ch>



Obr. A.1: Orografie modelu RegCM3

## Příloha A

Kód	Zeměpisná	
	Šířka	Délka
45 36	48,29	11,85
45 37	48,70	11,83
45 38	49,12	11,80
45 39	49,54	11,78
45 40	49,96	11,75
45 41	50,37	11,73
45 42	50,79	11,70
45 43	51,21	11,67
46 36	48,30	12,48
46 37	48,72	12,46
46 38	49,14	12,44
46 39	49,56	12,42
46 40	49,97	12,40
46 41	50,39	12,38
46 42	50,81	12,36
46 43	51,22	12,34
47 36	48,31	13,11
47 37	48,73	13,10
47 38	49,15	13,08
47 39	49,57	13,07
47 40	49,98	13,05
47 41	50,40	13,03
47 42	50,82	13,02
47 43	51,24	13,00
48 36	48,32	13,74
48 37	48,74	13,73
48 38	49,16	13,72
48 39	49,58	13,71
48 40	49,99	13,70
48 41	50,41	13,69
48 42	50,83	13,68
48 43	51,25	13,67

Kód	Zeměpisná	
	Šířka	Délka
49 36	48,33	14,37
49 37	48,74	14,37
49 38	49,16	14,36
49 39	49,58	14,36
49 40	50,00	14,35
49 41	50,42	14,34
49 42	50,83	14,34
49 43	51,25	14,33
50 36	48,33	15,00
50 37	48,75	15,00
50 38	49,16	15,00
50 39	49,58	15,00
50 40	50,00	15,00
50 41	50,42	15,00
50 42	50,84	15,00
50 43	51,25	15,00
51 36	48,33	15,63
51 37	48,74	15,63
51 38	49,16	15,64
51 39	49,58	15,64
51 40	50,00	15,65
51 41	50,42	15,66
51 42	50,83	15,66
51 43	51,25	15,67
52 36	48,32	16,26
52 37	48,74	16,27
52 38	49,16	16,28
52 39	49,58	16,29
52 40	49,99	16,30
52 41	50,41	16,31
52 42	50,83	16,32
52 43	51,25	16,33

Kód	Zeměpisná	
	Šířka	Délka
53 36	48,31	16,89
53 37	48,73	16,90
53 38	49,15	16,92
53 39	49,57	16,93
53 40	49,98	16,95
53 41	50,40	16,97
53 42	50,82	16,98
53 43	51,24	17,00
54 36	48,30	17,52
54 37	48,72	17,54
54 38	49,14	17,56
54 39	49,56	17,58
54 40	49,97	17,60
54 41	50,39	17,62
54 42	50,81	17,64
54 43	51,22	17,66
55 36	48,29	18,15
55 37	48,70	18,17
55 38	49,12	18,20
55 39	49,54	18,22
55 40	49,96	18,25
55 41	50,37	18,27
55 42	50,79	18,30
55 43	51,21	18,33
56 36	48,27	18,77
56 37	48,69	18,80
56 38	49,10	18,83
56 39	49,52	18,87
56 40	49,94	18,90
56 41	50,36	18,93
56 42	50,77	18,96
56 43	51,19	18,99

Tab. A.1: Seznam uzlových bodů modelu RegCM3 pro Českou republiku a její nejbližší okolí, zeměpisná šířka a délka bodů.

## Příloha B

### Seznam charakteristik programu STARDEX

Trange_mean	průměrná denní amplituda teploty za dané období
Trange10p	10% kvantil denní amplitudy teploty
Trange90p	90% kvantil denní amplitudy teploty
10pTMAX	10% kvantil maximální teploty
90pTMAX	90% kvantil maximální teploty
10pTMIN	10% kvantil minimální teploty
90pTMIN	90% minimální teploty
125Fd	počet mrazových dnů (počet dní s TMIN < 0 °C) za dané období
114Id	počet ledových dnů (počet dní s TMAX < 0 °C) za dané období
135GD	teplotní suma dní s TPRUM vyšší než uživatelem zvolená hodnota, stanovuje se jako součet odchylek teploty vzduchu od referenční, uživatelem stanovené teploty za zvolené období, používá se ke stanovení teplotního režimu oblasti
141ETR	maximální sezónní amplituda teploty
143GSL	délka vegetačního období
144HWDI	počet dní v horkých vlnách
145CWDI	počet dní ve studených vlnách
147FSLO	délka mrazové sezóny
191Tx10	procento dní s TMAX < 10% kvantil
192Tx90	procento dní s TMAX < 90% kvantil
193Tn10	procento dní s TMIN > 10% kvantil
194Tn90	procento dní s TMIN > 90% kvantil
601R	průměrný denní srážkový úhrn (mm/den)
prec20p	20% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec40p	40% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec50p	50% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec60p	60% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec80p	80% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec90p	90% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
prec95p	95% kvantil denního úhrnu srážkového dne (mm/den)
frac20p	podíl úhrnů srážek vyšších než 20% kvantil a celkového úhrnu srážek za dané období
frac40p	podíl úhrnů srážek vyšších než 40% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období
frac50p	podíl úhrnů srážek vyšších než 50% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období
frac60p	podíl úhrnů srážek vyšších než 60% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období
frac80p	podíl úhrnů srážek vyšších než 80% kvantil a celkového úhrnu srážek za dané období
frac90p	podíl úhrnů srážek vyšších než 90% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období
frac95p	podíl úhrnů srážek vyšších než 95% kvantil na celkovém úhrnu srážek za dané období
606R10	celkový úhrn srážek dní s denním srážkovým úhrnem $\geq 10$ mm

641CDD	nejdelší srážkové období (ve dnech)
642CWD	nejdelší období beze srážek (ve dnech)
pww	míra nepřetržitosti trvání srážkového období definovaná jako:  $pwwj = totalPwwj / totalPwj ,$ kde totalPwwj je celkový počet dní v souvislých srážkových obdobích j-té sezóny a totalPwj je celkový počet srážkových dní j-té sezóny
persist_dd	míra nepřetržitosti trvání období beze srážek daná vzorcem:  $persist\_ddj = totalPddj / totalPdj ,$ kde totalPddj je celkový počet dní v souvislých obdobích beze srážek j-té sezóny a totalPdj je celkový počet dní beze srážek v j-té sezóně
persist_corr	korelace charakteristik pww a persist_dd, korelační koeficient je dán vzorcem:  $r = pwwj - (1 - persist\_ddj) ,$
wet_spell_mean	průměrná délka srážkového období (ve dnech)
wet_spell_perc	medián počtu dní ve srážkovém období
wet_spell_sd	směrodatná odchylka délek srážkového období (ve dnech) v j-té sezóně daná  $wet\_spell\_sdj = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} ,$ kde $x_i, i=1, \dots, n$ , je počet dní v jednotlivých srážkových obdobích, n je počet srážkových období
dry_spell_mean	průměrná délka období beze srážek (ve dnech)
dry_spell_perc	medián počtu dní v období beze srážek
dry_spell_sd	směrodatná odchylka délek období beze srážek (ve dnech) v j-té sezóně daná:  $dry\_spell\_sdj = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} ,$ kde $x_i, i=1, \dots, n$ , je počet dní v jednotlivých obdobích beze srážek, n je počet srážkových období
643R3d	největší 3-denní srážkový úhrn ( v mm)
644R5d	největší 5-denní srážkový úhrn (v mm)
645R10d	největší 10-denní srážkový úhrn (v mm)
646SDII	úhrn srážek na jeden srážkový den
691R90T	podíl úhrnů srážek vyšších než 90% kvantil, spočítaný za 40 let, na celkovém úhrnu srážek za danou sezónu
692R90N	počet dní v dané sezóně se srážkovým úhrnem vyšším než 90% kvantil, spočítaný za 40 let

## Příloha C

	Zima	jaro	léto	podzim	celoročně
Žatec	S	- (0,009)	∧	S	- (0,036)
Doksany	S	- (0,007)	- (0,001)	S	- (0,009)
Semčice	S	- (0,018)	∧	S	-
Holešov	S	- (0,032)	- (0,007)	S	- (0,031)
Kuchařovice	S	∧	-	S	-
Brno-Tuřany	S	-	J	S	-
Hr. Králové	S	- (0,009)	∧	S	- (0,006 )
Mošnov	S	∨	- (0,0005)	S	-
Olomouc	S	-	∧	S	∨
Lučina	S	∨	∧ (0,099)	S	∧
Val. Meziříčí	S	∨	∧ (0,004)	S	- (0,056)
Praha-Ruz.	S	-	S	S	-
Liberec	S	- (0,018)	-	S	- (0,034)
Vel. Meziříčí	S	-	-	S	-
Tábor	S	-	∧	S	-
Třeboň	∨	- (0,008)	- (0,0003)	S	- (0,010)
Klatovy	S (0,032)	- (0,0009)	- (0,004)	S	- (0,007)
Kralovice	S	- (0,006)	- (0,015)	S	- (0,019)
Cheb	S (0,023)	- (0,002)	- (0,021)	S	- (0,001)
Havl. Brod	S	∧	- (0,005)	S	- (0,029)
Albr. -Žáry	S	∧	- (0,011)	S	-
K. Myslová	S	- (0,024)	- (0,0001)	S	- (0,004)
Husinec	S	- (0,021)	- (0,0001)	S	- (0,005)
Ondřejov	S	- (0,010)	- (0,011)	S	- (0,013)
Svratouch	S	-	- (0,019)	S	- (0,010)
Přimda	S	- (0,0006)	- (0,006)	S	- (0,003)
Červená	S	- (0,016)	-	S	∨
Churáňov	S	-	- (0,014)	S	-
Lysá hora	S	-	- (0,002)	S	- (0,027)

Tab. C.1: Charakteristický průběh změn z desetiletí na desetiletí počtu dní s denní maximální teplotou vyšší než je hodnota 10% kvantilu. V závorce je uvedena hladina významnosti  $\alpha$ , pokud je lineární trend statisticky významný.



	Zima	jaro	léto	podzim	celoročně
<b>Žatec</b>	+ (0,0004)	+	N	U	+ (0,008)
<b>Doksany</b>	+ (0,003)	+ (0,032)	J	√	√ (0,009)
<b>Semčice</b>	+ (0,0006)	S	J	-	+ (0,009)
<b>Holešov</b>	+ (0,029)	S	J	√	+ (0,006)
<b>Kuchařovice</b>	+ (0,012)	U	√	-	+
<b>Brno-Tuřany</b>	+ (0,006)	S	√	√	N
<b>Hr. Králové</b>	+ (0,001)	+ (0,016)	√	U	+ (0,002)
<b>Mošnov</b>	+ (0,016)	S	√	√	+ (0,026)
<b>Olomouc</b>	∧	S	+	√	+ (0,029)
<b>Lučina</b>	+ (0,025)	S	√	S	N
<b>Val. Meziříčí</b>	+ (0,017)	+ (0,013)	√ (0,007)	√	N (0,002)
<b>Praha-Ruz.</b>	+ (0,004)	S	√	-	√
<b>Liberec</b>	+ (0,004)	+ (0,010)	√	√	+ (0,003)
<b>Vel. Meziříčí</b>	+ (0,009)	S	√	√	√
<b>Tábor</b>	+ (0,012)	S	√	S	√
<b>Třeboň</b>	+ (0,001)	J	J	S	√ (0,001)
<b>Klatovy</b>	+ (0,001)	S	J	S	J
<b>Kralovice</b>	+ (0,001)	+ (0,045)	J	√	J
<b>Cheb</b>	+ (0,005)	+ (0,010)	S	S	+ (0,011)
<b>Havl. Brod</b>	+ (0,0009)	+ (0,011)	J	∧	+ (0,003)
<b>Albr. -Žáry</b>	+ (0,002)	S	√	S	+ (0,034)
<b>K. Myslová</b>	+ (0,0004)	J	U	- (0,017)	√
<b>Husinec</b>	+ (0,003)	+ (0,016)	√ (0,004)	S	N
<b>Ondřejov</b>	+ (0,0008)	+ (0,028)	√	S	√ (0,0004)
<b>Svratouch</b>	+ (0,0004)	S (0,044)	+ (0,017)	∧	+ (0,002)
<b>Přimda</b>	+ (0,0007)	S	J	S	J (0,043)
<b>Červená</b>	S	S	J	S	S
<b>Churáňov</b>	+ (0,009)	√	√	S	√
<b>Lysá hora</b>	+ (0,0004)	+	√	S	√

*Tab. C.2: Charakteristický průběh změn z desetiletí na desetiletí počtu dní s denní maximální teplotou vyšší než je hodnota 90% kvantilu. V závorce je uvedena hladina významnosti  $\alpha$ , pokud je lineární trend statisticky významný.*

	Zima	jaro	léto	podzim	celoročně
Žatec	S	- (0,043)	- (0,002)	√	- (0,002)
Doksany	S	∧	∧	√	- (0,038)
Semčice	S	- (0,014)	- (0,005)	√	- (0,007)
Holešov	S	∧	∧	∧	-
Kuchařovice	S	U	∧	∧	-
Brno-Tuřany	S	- (0,031)	- (0,0004)	S	- (0,020)
Hr. Králové	S	-	- (0,003)	S	- (0,037)
Mošnov	S	-	- (0,045)	S	-
Olomouc	S	S	∧	∧	S
Lučina	S	√	S	√	√
Val. Meziříčí	S	S	√	S	S
Praha-Ruz.	S	∧	∧	S	∧
Liberec	S	S	S	S	S
Vel. Meziříčí	S	- (0,003)	- (0,0001)	-	- (0,0001)
Tábor	S	√	√	√	√
Třeboň	S	∧	-	S	S
Klatovy	S	S	- (0,019)	S	- (0,034)
Kralovice	S	∧ (0,003)	∧ (0,002)	S	- (0,0002)
Cheb	S	∧	- (0,012)	S	-
Havl. Brod	S	∧ (0,021)	∧ (0,001)	S	- (0,004)
Albr. -Žáry	S	√	- (0,006)	S	- (0,040)
K. Myslová	S	√	-	S	-
Husinec	S	∧	∧	S	∧
Ondřejov	S	- (0,040)	S	S	S
Svratouch	S	-	∧	S	∧
Přimda	S	- (0,032)	-	S	- (0,040)
Červená	S	-	S	S	S
Churáňov	S	- (0,023)	S	S	- (0,036)
Lysá hora	S	-	√	S	- (0,040)

Tab. C.3: Charakteristický průběh změn z desetiletí na desetiletí počtu dní s denní minimální teplotou vyšší než 10% kvantil. V závorce je uvedena hladina významnosti  $\alpha$ , pokud je lineární trend statisticky významný.

	<b>zima</b>	<b>jaro</b>	<b>léto</b>	<b>podzim</b>	<b>celoročně</b>
<b>Žatec</b>	+ (0,0004)	∨	+ (0,0003)	∨	-
<b>Doksany</b>	∧	∨	+ (0,045)	∨	- (0,002)
<b>Semčice</b>	∧	+	∨ (0,047)	S	- (0,020)
<b>Holešov</b>	∧	+	∨	∨	- (0,014)
<b>Kuchařovice</b>	+	∨	∨	∨	-
<b>Brno-Tuřany</b>	S	+ (0,01)	+ (0,006)	∨	+ (0,0005)
<b>Hr. Králové</b>	+	∨	∨	U	+ (0,038)
<b>Mošnov</b>	+ (0,013)	∨	∨	∨	+ (0,006)
<b>Olomouc</b>	S	S	U	∨	S
<b>Lučina</b>	S	∨	∨	U	N
<b>Val. Meziříčí</b>	S	+	∨	U	+
<b>Praha-Ruz.</b>	+ (0,009)	U	U	U	U
<b>Liberec</b>	+ (0,029)	∨	∨	S	∨
<b>Velké Mez.</b>	∧ (0,015)	N (0,009)	+ (0,0002)	∨	+ (0,0001)
<b>Tábor</b>	∧	+ (0,047)	∨	∨	∨ (0,020)
<b>Třeboň</b>	∧	∨	J	∨	∨
<b>Klatovy</b>	+ (0,025)	∨	∨ (0,020)	∨	∨
<b>Kralovice</b>	+ (0,002)	J (0,0002)	J (0,0001)	∨	∨ (0,0001)
<b>Cheb</b>	S	+ (0,038)	J	∨	∨ (0,001)
<b>Havl. Brod</b>	+ (0,013)	+ (0,0008)	∨	∨	+ (0,0001)
<b>Albr. -Žáry</b>	∧	+	J	S	+ (0,005)
<b>K. Myslová</b>	S	+	∨	U	J
<b>Husinec</b>	+	S	∨ (0,015)	S	∨ (0,027)
<b>Ondřejov</b>	+	J (0,015)	S	S	N
<b>Svratouch</b>	S (0,010+)	N	∨	S	+
<b>Přimda</b>	+ (0,002)	∨	∨	S	∨
<b>Červená</b>	S	S	+ (0,009)	∨	+ (0,001)
<b>Churáňov</b>	+ (0,001)	∨	+ (0,018)	S	+ (0,0009)
<b>Lysá hora</b>	S	S	∨	S	+ (0,013)

*Tab. C.4: Charakteristický průběh změn z desetiletí na desetiletí počtu dní s denní minimální teplotou vyšší než 90% kvantil. V závorce je uvedena hladina významnosti  $\alpha$ , pokud je lineární trend statisticky významný.*

#### **Vysvětlení symbolů použitých v tabulkách :**

+ postupné zvyšování průměrných hodnot z desetiletí na desetiletí

– postupné snižování průměrných hodnot z desetiletí na desetiletí

S střídavý charakter změn z desetiletí na desetiletí (nárůst desetiletých průměrů v jednom desetiletí je nahrazen poklesem v desetiletí následujícím a naopak)

U menší hodnoty desetiletých průměrů v II. (1971-1980) a III. desetiletí (1981-1990), nejvyšší desetileté průměry v I. a IV. desetiletí (tvar písmene U)

N zvyšování desetiletých průměru, které není postupné, může se objevit stagnace v rámci dvou desetiletí

✓ vyšší desetileté průměry v I. desetiletí (většinou maximum) jsou nahrazeny nižšími v následujících dvou desetiletích (v jednom z desetiletí II. nebo III., jsou desetileté průměry nejnižší), v posledním desetiletí jsou desetileté průměry opět vyšší oproti předchozím dvěma desetiletím

∧ nižší desetileté průměry v I. desetiletí jsou nahrazeny vyššími v následujících dvou desetiletích (v jednom z desetiletí II. nebo III., jsou průměry nejvyšší), v posledním desetiletí jsou desetileté průměry opět vyšší ve srovnání s předchozími dvěma desetiletími

**J** vyšší desetileté průměry v I. desetiletí jsou nahrazeny nižšími ve II. a III. desetiletí, v posledním desetiletí je desetiletý průměr nejvyšší.

## Příloha D

Název stanice	zima			jaro			léto			podzim			roční průměr		
	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$
Holešov	III.	II.	0,54	I.	II	0,2	I.	IV.	0,28	II.	I.	0,39	III.	IV.	0,09
Brno-Tuřany	III.	I.	0,45	I.	III.	0,13	IV.	III.	0,33	I.	III.	0,26	IV.	III.	0,08
Kost. Myslová	IV.	I.	0,36	IV.	II.	0,09	II.	III.	0,41	IV.	III.	0,19	II.	III.	0,14
Kuchařovice	III.	II.	0,17	I.	III.	0,18	I.	II.	0,04	I.	III.	0,35	IV.	III.	0,11
Velké Meziříčí	III.	IV.	0,85	I.	IV.	0,27	III.	IV.	0,35	IV.	III.	0,33	III.	IV.	0,28
Husinec	III.	I.	0,49	II.	III.	0,5	II.	I.	0,24	II.	III.	0,18	II.	I.	0,16
Churáňov	III.	II.	0,48	I.	IV.	0,35	II.	IV.	0,15	IV.	I.	0,42	IV.	II.	0,06
Tábor	III.	I.	0,52	I.	III.	0,3	II.	III.	0,15	IV.	III.	0,32	IV.	III.	0,14
Třeboň	IV.	II.	0,27	I.	III.	0,46	II.	III.	0,25	I.	II.	0,17	I.	III.	0,19
Hradec Králové	IV.	I.	0,45	I.	II.	0,3	IV.	I.	0,22	IV.	III.	0,63	IV.	I.	0,23
Svratouch	III.	I.	0,25	II.	III.	0,46	II.	III.	0,33	I.	III.	0,53	II.	III.	0,34
Klatovy	III.	II.	0,17	I.	IV.	0,61	II.	III.	0,24	IV.	I.	0,23	I.	IV.	0,12
Kralovice	III.	II.	0,27	I.	IV.	0,26	IV.	III.	0,22	IV.	I.	0,26	IV.	II.	0,1
Přimda	III.	II.	0,45	I.	IV.	0,39	IV.	II.	0,38	IV.	I.	0,76	IV.	II.	0,23
Cheb	II.	I.	0,37	I.	III.	0,32	II.	I.	0,18	IV.	I.	0,15	II.	I.	0,07
Červená	III.	II.	0,83	II.	III.	0,48	II.	III.	0,38	II.	III.	0,95	II.	III.	0,32
Lučina	III.	I.	0,47	I.	III.	0,49	II.	I.	0,38	II.	I.	0,86	II.	I.	0,36
Lysá hora	I.	IV.	0,98	I.	III.	0,63	II.	IV.	0,36	II.	III.	0,55	I.	IV.	0,36
Mošnov	I.	IV.	0,43	II.	III.	0,45	I.	III.	0,1	II.	III.	0,53	II.	IV.	0,31
Albrecht.-Žáry	I.	IV.	0,71	I.	III.	0,95	II.	III.	0,77	II.	III.	0,77	I.	III.	0,45
Olomouc-Slav.	III.	II.	0,34	I.	IV.	0,31	II.	IV.	0,29	II.	III.	0,24	II.	IV.	0,14
Valaš. Meziříčí	III.	II.	0,72	I.	II.	0,28	II.	III.	0,26	II.	III.	0,64	II.	IV.	0,08
Praha-Ruzyně	III.	IV.	0,24	II.	IV.	0,08	IV.	II.	0,1	I.	III.	0,24	II.	IV.	0,04
Semčice	II.	I.	0,58	I.	III.	0,38	II.	IV.	0,33	II.	III.	0,52	II.	IV.	0,32
Havlíčkův Brod	III.	I.	0,48	IV.	II.	0,33	II.	III.	0,44	IV.	III.	0,22	IV.	III.	0,2
Ondřejov	II.	I.	0,26	I	III.	0,56	II.	III.	0,28	IV.	III.	0,57	II.	III.	0,26
Doksany	II.	I.	0,26	IV.	II.	0,22	I.	III.	0,1	IV.	III.	0,26	I.	III.	0,08
Žatec	II.	IV.	0,26	I.	II.	0,34	IV.	II.	0,36	IV.	II.	0,21	I.	II.	0,11
Liberec	III.	I.	0,63	I.	II.	0,41	II.	I.	0,39	IV.	III.	0,19	III.	I.	0,09

Tab. D.1: Desetiletí, ve kterém jsou průměrné hodnoty průměrné délky srážkového období (ve dnech) v jednotlivých sezónách nejvyšší (max) a nejnižší (min) a jejich rozdíl ( $\Delta$ ).

Název stanice	zima			jaro			léto			podzim			roční průměr		
	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$	max	min	$\Delta$
Holešov	II.	I.	0,77	II.	IV.	0,27	II.	III.	0,24	III.	IV.	0,28	II.	III.	0,21
Brno-Tuřany	IV.	I.	0,85	II.	I.	0,77	IV.	III.	0,43	III.	IV.	1,05	II.	I.	0,27
Kost. Myslová	II.	I.	0,75	III.	I.	0,22	IV.	III.	0,57	I.	IV.	0,51	IV.	III.	0,2
Kuchařovice	IV.	I.	1,05	II.	I.	0,61	II.	I.	0,46	I.	IV.	0,92	II.	I.	0,43
Velké Meziříčí	IV.	I.	0,84	III.	I.	0,08	II.	I.	0,3	III.	II.	0,24	IV.	I.	0,31
Husinec	II.	III.	0,82	II.	IV.	0,34	II.	I.	0,32	III.	IV.	0,65	II.	I.	0,26
Churáňov	II.	III.	0,54	II.	I.	0,4	II.	III.	0,41	III.	IV.	0,72	II.	IV.	0,16
Tábor	II.	I.	0,56	II.	I.	0,32	II.	I.	0,26	I.	IV.	0,37	II.	I.	0,14
Třeboň	IV.	I.	1,54	IV.	I.	0,63	IV.	III.	0,51	III.	II.	0,04	IV.	I.	0,59
Hradec Králové	II.	III.	0,68	II.	I.	0,74	IV.	I.	0,57	IV.	I.	0,45	II.	I.	0,51
Svratouch	II.	I.	0,88	III.	I.	0,37	IV.	I.	0,57	IV.	III.	0,13	IV.	I.	0,38
Klatovy	IV.	I.	0,7	II.	I.	0,46	I.	IV.	0,17	III.	IV.	0,67	II.	IV.	0,15
Kralovice	IV.	I.	0,76	III.	I.	0,31	IV.	I.	0,45	II.	IV.	1,1	II.	I.	0,53
Přimda	II.	IV.	0,63	II.	I.	0,44	III.	I.	0,17	III.	IV.	0,94	II.	IV.	0,3
Cheb	II.	I.	0,76	II.	I.	0,42	II.	I.	0,58	III.	IV.	0,45	II.	I.	0,33
Červená	II.	IV.	0,17	II.	IV.	0,3	IV.	I.	0,58	I.	IV.	0,95	II.	III.	0,18
Lučina	II.	I.	0,62	II.	IV.	0,37	IV.	III.	0,33	IV.	II.	0,42	IV.	III.	0,17
Lysá hora	II.	I.	0,63	III.	IV.	0,39	IV.	II.	0,43	III.	IV.	0,37	III.	I.	0,17
Mošnov	IV.	I.	0,55	II.	IV.	0,47	IV.	II.	0,28	I.	IV.	0,3	IV.	I.	0,08
Albrecht.-Žáry	III.	I.	1,23	IV.	I.	0,27	IV.	I.	0,46	I.	IV.	0,61	IV.	I.	0,23
Olomouc-Slav.	II.	I.	0,59	II.	I.	0,61	II.	I.	0,43	III.	IV.	0,8	II.	I.	0,36
Valaš. Meziříčí	II.	I.	0,76	II.	IV.	0,47	IV.	III.	0,32	II.	IV.	0,57	II.	I.	0,26
Praha-Ruzyně	IV.	I.	0,62	IV.	I.	0,77	II.	I.	0,39	I.	III.	0,93	IV.	III.	0,28
Semčice	II.	III.	0,7	II.	I.	0,62	IV.	I.	0,63	IV.	I.	0,33	IV.	I.	0,52
Havlíčkův Brod	II.	I.	0,68	III.	I.	0,26	IV.	I.	0,06	I.	IV.	0,7	II.	I.	0,18
Ondřejov	IV.	I.	0,84	III.	IV.	0,34	II.	I.	0,36	III.	IV.	0,61	III.	I.	0,3
Doksany	II.	III.	0,62	III.	I.	0,79	II.	I.	0,55	III.	I.	0,28	II.	I.	0,43
Žatec	IV.	I.	1,19	II.	I.	0,49	IV.	I.	0,86	III.	I.	1,72	IV.	I.	0,7
Liberec	II.	III.	0,87	III.	I.	0,23	II.	III.	0,53	I.	III.	0,38	II.	III.	0,24

Tab. D.2: Desetiletí, ve kterém jsou průměrné hodnoty průměrné délky období beze srážek (ve dnech) v jednotlivých sezónách nejvyšší (max) a nejnižší (min) a jejich rozdíl ( $\Delta$ ).