

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY**  
Katedra fyzické geografie a geoekologie



**PROSTOROVÉ ZHODNOCENÍ SRÁŽKOVÝCH  
ANOMÁLIÍ V CENTRÁLNÍ EVROPĚ PO ROCE 1970**

(bakalářská práce)

Tomáš Kafka

Vedoucí práce: RNDr. Jiří Kastner

PRAHA, 2006

11.11.2006  
M. J. J. J.  
M. J. J. J.  
Střední škola

"1970/2006"  
(4-12-1)

### **Poděkování**

RNDr. Jiřímu Kastnerovi za vedení bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval sám a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje.

Praha 22.5.2006

.....*Karel Teušík*.....

## OBSAH:

---

<b>1. Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2. Výběr dat a jejich zpracování</b>	
2.1 Zdroje dat	5
2.2 Vybrané klimatologické stanice	7
2.3 Metodiky pro klasifikování srážkových úhrnů	11
2.4 Vliv nadmořské výšky na interpolované hodnoty	15
2.5 Interpolační nástroje a techniky pro analýzu srážkových úhrnů	17
<b>3. Prostorové zhodnocení srážkových anomálií</b>	
3.1 Zhodnocení srážkových anomálií v jarních obdobích (březen-květen)	21
3.2 Zhodnocení srážkových anomálií v letních obdobích (červen-srpen)	24
3.3 Zhodnocení srážkových anomálií v podzimních obdobích (září-listopad)	29
3.4 Zhodnocení srážkových anomálií v zimních obdobích (prosinec-únor)	33
3.5 Vývoj relativních srážkových úhrnů během teplých půlroků	37
3.6 Vývoj relativních srážkových úhrnů během chladných půlroků	38
3.7 Vývoj relativních srážkových úhrnů za celé roky	39
<b>4. Souhrnné zhodnocení</b>	<b>40</b>
<b>5. Závěr</b>	<b>41</b>
<b>6. Seznam grafických a tabulkových příloh</b>	<b>42</b>
<b>7. Literatura</b>	<b>43</b>

## 1. Úvod

---

*Meteorologické extrémy a povodně jako projev přirozené variability atmosférických procesů jsou nedílnou součástí vývoje přírodního prostředí na Zemi. Jejich četnost, intenzita a dopady se mění v prostoru a čase, přičemž dopady jsou významně ovlivněny interakcí s lidskou společností. Ukazuje se, že velké meteorologické extrémy a povodně mají i dnes závažné dopady v mnoha oblastech lidské činnosti jako např. ve státní správě, územním plánování, vodním hospodářství, zemědělství, lesnictví atd. (Brázdil, 2002). Některé statistické zprávy ukazují, že od poloviny 20. století vzrostl počet velkých přírodních katastrof asi čtyřikrát, ekonomické ztráty asi čtrnáctkrát a ztráty pojištěven asi patnáctkrát (Brázdil, 2001).*

*Extremita srážek může být hodnocena jednak s ohledem na jejich nadbytek (období vydatných srážek), jednak s ohledem na jejich nedostatek (období sucha), a to na základě denních, několikadenních, měsíčních, sezónních či ročních úhrnů srážek (Brázdil, 2002).*

Tato práce se zabývá prostorovým rozmístěním plošných srážkových anomálií v centrální Evropě po roce 1970. V krátkém přehledu by měla představit metodiky jejich detekování a zpracování - od výběru klimatologické sítě po výslednou vizualizaci. Práce by rovněž měla představit možnosti interpolačních technik GIS pro jednoduché prostorové analýzy srážkových úhrnů.

Cílem práce je detekovat pro jednotlivá roční období extrémně nadprůměrný nebo podprůměrný úhrn srážek a vyobrazit jeho stav v prostoru. Na závěr bude tedy možné zhodnotit, zda rozmístění srážkových anomálií je zcela nahodilé nebo jsou místa, postiženější častěji. Dále také bude možné posoudit, zda se jejich plocha zvětšuje či naopak a zda se frekvence těchto jevů v časové řadě zvyšuje či nikoliv.

Inspirací pro tuto práci byla diplomová práce Moniky Cahynové (2004), která přinesla bližší poznatky o faktorech, ovlivňujících teplotní a srážkové poměry ve střední Evropě. Rozsah sledovaného území je proto velmi podobný a zde vyobrazené srážkové anomálie tak mohou doplnit představu o atmosférických jevech v tomto regionu.

První polovina práce (kapitola 2) je věnována zdrojům dat, jejich výběru a metodikám jejich zpracování a vizualizace. Zbývající část představuje vlastní grafické výstupy s krátkými komentáři a závěrečným shrnutím.

## 2. Výběr dat a jejich zpracování

### 2.1 Zdroje dat

---

Za zdroj dat je použita na webu veřejně přístupná databáze National Climatic Data Center uveřejněná na stránkách SCD's Research Data Archive.

<http://dss.ucar.edu/datasets/ds570.0/>

Databáze zahrnuje záznamy od ledna 1738 do nedávné přítomnosti (leden 2006). Jsou zde k dispozici pulročně obnovované měsíční hodnoty tlaku vzduchu, tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře, teploty vzduchu, úhrnu srážek, relativní vlhkosti vzduchu, tlaku vodních par a doby slunečního svitu. Výstup databáze je v txt souborech. Stejná data lze rovněž nalézt na stránkách National Climatic Data Center v podobě pdf.

<http://www7.ncdc.noaa.gov/IPS/MCDWPubs?action=getpublication>

Další volně dostupná databáze je provozována německým Deutscher Wetterdienst Datenservices, kde jsou k dispozici časové řady 44 německých klimatologických stanic, některé již od konce 19.století.

[http://www.dwd.de/en/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index\\_standardformat.htm](http://www.dwd.de/en/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_standardformat.htm)

Výstup z této databáze je opět v textovém formátu a v kódovaných řetězcích čísel poskytuje denní záznamy. Tam, kde bylo možné informace z první uvedené a měsíčních součtů z této databáze porovnat, byla získaná data o měsíčních úhrnech totožná. Tedy do této práce mohou být vybrány observatoře z obou datových základů pro získání hustější sítě a tedy reprezentativnějšího vzorku bodů pro další práci.

Z uvedených databází jsou vybrány záznamy měsíčních úhrnů srážek pro stanice reprezentující centrální Evropu po roce 1970. V obou datových souborech jsou, kromě klimatologických dat, k dispozici také základní údaje o jednotlivých stanicích, tedy mimo jiné i identifikační číslo, zeměpisná poloha (zeměpisná délka, šířka) a nadmořská výška. Uvedených souřadnic, v daném měřítku výstupu postačí přesnost na desetinu stupně, využijí k vynesení stanic do prostoru (mapy) pomocí software ArcGIS a také i následné interpolaci.

Inspiraci pro kartografický výstup lze nalézt například na portálech:

**Deutscher Wetterdienst Datenservice:** <http://www.dwd.de/de/WundK/Klimadaten/index.html>

**Climate Atlas of United States:** <http://gis.ncdc.noaa.gov/website/ims-climatls/index.html>

**NCDC Climate visualization:** <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ferret/fsodlas/contour.html>

**International Research Institute:** <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/.Global/.Precipitation/>

Měsíční, respektive denní úhrny srážek byly pomocí statistických nástrojů a maker v aplikaci Microsoft Excel přepočítány a zpracovány na hodnoty reprezentující jednotlivá čtyři roční období, teplý a chladný půlrok a celoroční úhrny. Pokud v časové řadě pro určitý rok chyběla data, byl tento rok ve výpočtech vynechán. Časové série nemusí být vždy spojitě, ale veškeré hodnoty jsou skutečné a nezátížené chybou například zpětných dopočtů.

*Práce se zabývá srážkovými úhrny. Jenom pro ilustraci přikládám obrázky srážkoměrů.*

Obrázky 2.1.1 a 2.2.2: Srážkoměr, ombrogram



Zdroj: Meteorologické karty – observatoř Košetice. ( [www.geofiction.unas.cz](http://www.geofiction.unas.cz) )

## 2.2 Vybrané klimatologické stanice

---

Aby bylo možné pomocí interpolačních nástrojů GIS extrémní srážkové události interpolací vykreslit, je nutné vybrat vhodnou a reprezentativní síť observujících stanic. Proto byla stanovena následující kritéria, která musí být splněna, aby mohla být stanice vybrána. *(Protože však tato síť musí být dostatečně hustá, byly zváženy i ojedinělé výjimky, a do celkového výběru přibráno několik observatoří, které tyto zcela nespĺňují.)*

**a) časové období:** vybrané stanice zaznamenávají měsíční úhrny srážek od roku 1971 včetně až do současnosti, tedy do ledna 2006, podle poslední aktualizace databáze. V celé Evropě v tomto období pro výše zmiňovanou databázi monitoruje přes 550 stanic. Po uvážení byly do sledovaného souboru přidány ještě i observatoře, jejichž činnost započala o několik let dříve nebo naopak již v posledních letech data neposkytují. *(Jedná se o stanici v Chebu, Konstanci a v Miškolci.)*

**b) spojitost a délka záznamů:** časové řady vyhovujících stanic musí poskytovat alespoň 30 záznamů ze sledovaného období, tedy z celkových 34 let. Mezinárodní meteorologická organizace považuje za základ klimatického zpracování alespoň 30letou datovou řadu, což tato databáze takto tedy splňuje. *Ovšem vybereme-li ze stoleté řady pozorování třicetiletý úsek, získáme tak výsledky, které platí jen pro toto třicetileté období nebo pro období s podobnými cirkulačními poměry, jako má ono třicetileté období.* (Nosek, 1972). Tak byl například předválečný klimatologický třicetiletý normál 1901-30 shledán nereprezentativním, protože vybrané období 1901/1930 mělo jiné cirkulační poměry než období předchozí i následující. *Oproti tomu protože cirkulační poměry se neustále mění, kolísají nabývají v různých časových úsecích rozdílného rázu, nemění se však ve své podstatě, je možno výsledky klimatologického zpracování z těchto různých časových období přítomné doby vztahovat s určitou pravděpodobností na kterýkoliv úsek přítomné doby.* (Nosek, 1972).

Vybraný vzorek 1971/2005 nebyl ve vztahu s charakteristikami cirkulačních poměrů testován a není to ani doporučené časové období pro klimatologická zpracování. V rámci potřeb této práce je však dostatečně reprezentativním, aby poskytl data pro detekci a vyobrazení přehledu výskytu anomálií ve srážkových úhrnech za poslední tři dekády let. *(Také v podmínce 30letém sledovaném období byla uvážena výjimka, a to v případě dvou stanic: Konstanz a Miskolc, jejichž časové řady poskytují pouze 29letou resp. 28letou řadu. A také záznamy z Krakova pro jarní období jsou jen 29leté.)*

Úplná spojitost datových řad není u všech stanic zaručena, protože z nejrůznějších pravděpodobně technických důvodů nejsou některé měsíční záznamy dostupné. V takovém případě není stanice v interpolaci zahrnuta a je počítáno jen se stanicemi, které záznam poskytují.

**c) lokalizace stanic:** vytvořená síť má reprezentovat centrální Evropu, zahrnuje tedy Česko, jižní Německo, jižní Polsko, Rakousko, Maďarsko, Slovensko, dále ještě severovýchod Rumunska a sever Chorvatska.

Pro přehlednější a ucelenější grafický výstup v GIS jsou k těmto dále přiřazeny i některé observatoře vně sledovaného území – švýcarské, Lucemburk, francouzské Nancy a Strasbourg, italské Udine a ukrajinský Lvov. Do výběru byly tedy zvoleny stanice nacházející se mezi

**6° – 25° v. d. a 45° 30' - 52° 30' s. š.** ( viz obr. 2.2.1)

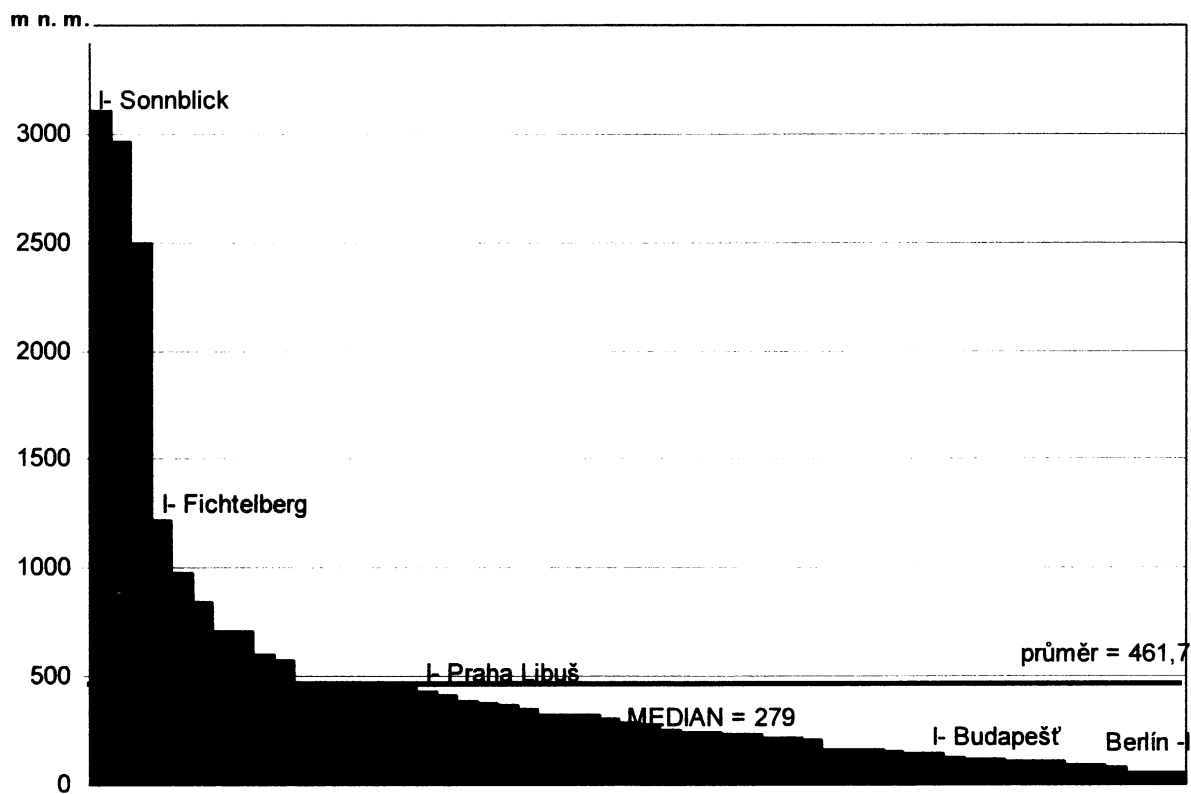
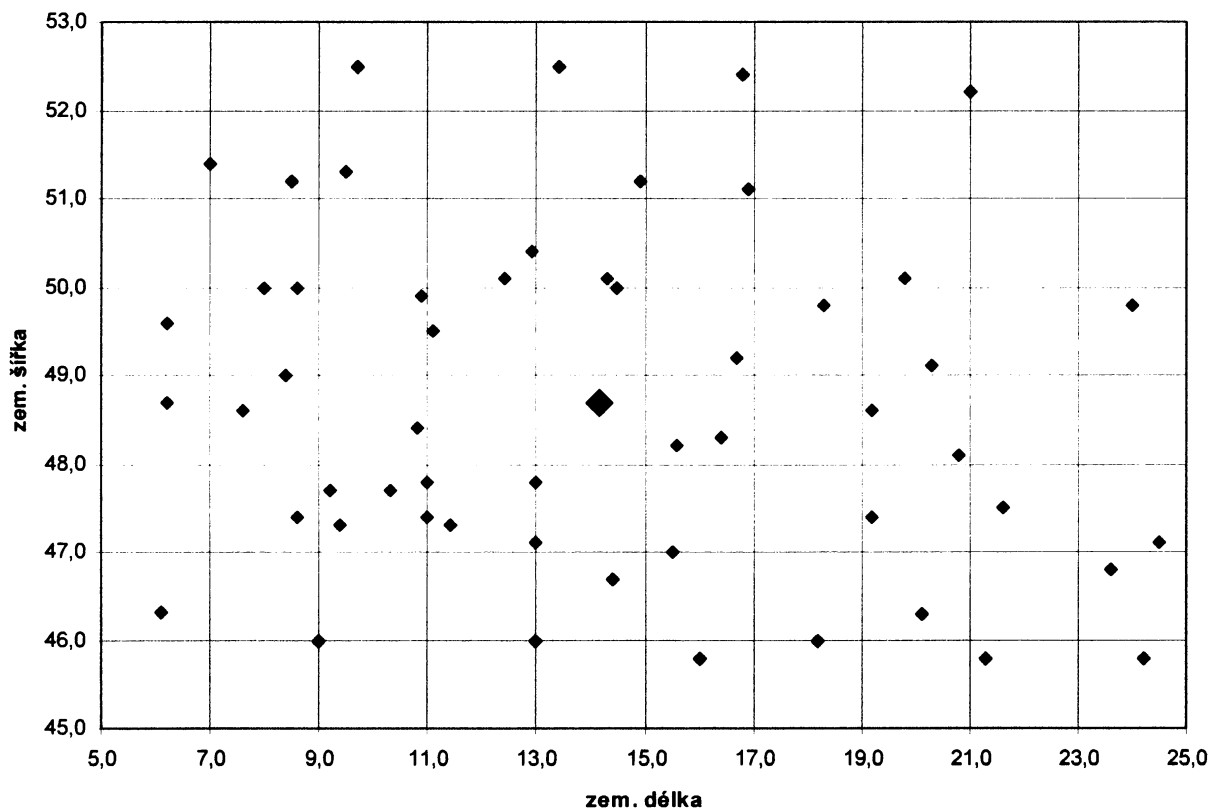
Tabulka použitých stanic je přiložena na konci kapitoly (tabulka 2.2.1).

**d) změny v lokalizaci stanic:** Stanice u kterých došlo ke změně v lokalizaci nebo nadmořské výšce, nebyly vybrány. Pouze po roce 1996 u stanice č. 131290 (163 m n. m., Zagreb/Gric, Jugoslávie) je udáváno jiné číslo stanice a odlišná nadmořská výška: stanice č. 142360 (157 m n. m., Zagreb/Gric, Chorvatsko) aniž by došlo ke změnám zeměpisných souřadnic observatoře. *(V tomto případě nedošlo předpokládáme k takové změně, která by významněji ovlivnila strukturu její datové řady.)*

**e) nadmořská výška stanic:** Je třeba zvážit, zda se projevuje vliv nadmořské výšky, kde byla data naměřena, na variabilitě celého souboru. 44 observatoří z vybraných 54 se nachází v rozmezí 50 m n. m. (Berlin – Tempelhof) – 500 m n. m., 3 stanice (Santis, Zugspitze a Sonnblick) jsou ve výšce nad 2400 m n. m. (obr. 2.2.2). Vlivu nadmořské výšky na interpolované hodnoty je věnována kapitola 2.4.



Obrázky 2.2.1 a 2.2.2: Matematická poloha vybraných stanic a nadmořská výška (červený bod je střed)



**Tab. 2.2.1 Přehled vybraných stanic**

ID	Název	zem. délka	zem. šířka	m n. m.	země
65900	LUXEMBOURG/FINDEL	49.6	6.2	378	LUX
66600	ZURICH/TOWN/VILLE/	47.4	8.6	569	SCH
66800	SANTIS	47.3	9.4	2496	SCH
67000	GENEVE/COINTRIN	46.3	6.1	430	SCH
67700	LUGANO	46.0	9.0	276	SCH
71800	NANCY/ESSEY	48.7	6.2	217	FRA
71900	STRASBOURG/ENTZHEIM	48.6	7.6	154	FRA
103380	HANNOVER	52.5	9.7	55	GER
103840	BERLIN/TEMPELHOF	52.5	13.4	50	GER
104100	ESSEN	51.4	7.0	161	GER
104380	KASEL	51.3	9.5	163	GER
106280	GEISENHEIM	50.0	8.0	108	GER
107630	NURNBERG	49.5	11.1	319	GER
109290	KONSTANZ	47.7	9.2	447	GER
109610	ZUGSPITZE	47.4	11.0	2962	GER
110280	ST POLTEN	48.2	15.6	282	AUT
110350	WIEN/HOHE-WARTE	48.3	16.4	212	AUT
111200	INNSBRUCK-FLUGHAFEN	47.3	11.4	598	AUT
111460	SONNBLICK	47.1	13.0	3107	AUT
111500	SALZBURG-FLUGHAFEN	47.8	13.0	446	AUT
112310	KLAGENFURT-FLUGHAFEN	46.7	14.4	452	AUT
112400	GRAZ-THALERHOF-FLUGHAFEN	47.0	15.5	347	AUT
114060	CHEB	50.1	12.4	471	CZ
115180	PRAHA/RUZYNE/TO LIBUS	50.1	14.3	381	CZ
115200	LIBUS	50.0	14.5	305	CZ
117230	BRNO/TURANY	49.2	16.7	242	CZ
117820	OSTRAVA	49.8	18.3	253	CZ
119030	SLIAC	48.6	19.2	319	SK
119340	POPRAD/TATRY	49.1	20.3	709	SK
123300	POZNAN-LAWICA	52.4	16.8	92	PL
123750	WARSZAWA-OKECIE	52.2	21.0	107	PL
124240	WROCLAW II - STRACHOWICE	51.1	16.9	124	PL
125660	KRAKOW/BALICE	50.1	19.8	237	PL
127720	MISKOLC	48.1	20.8	120	HUN
128430	BUDAPEST/LORINC	47.4	19.2	140	HUN
128820	DEBRECEN	47.5	21.6	114	HUN
129420	PECS	46.0	18.2	202	HUN
129820	SZEGED	46.3	20.1	84	HUN
131290	ZAGREB\GRIC	45.8	16.0	157	YUG
150850	BISTRITA	47.1	24.5	366	RO
151200	CLUJ	46.8	23.6	415	RO
152470	TIMISOARA	45.8	21.3	91	RO
152600	SIBIU	45.8	24.2	452	RO
160450	UDINE	46.0	13.0	55	ITA
333930	LVOV	49.8	24	325	UKR
108520	Augsburg*	48.4	10.8	477	GER
106750	Bamberg*	49.9	10.9	239	GER
105780	Fichtelberg*	50.4	12.9	1213	GER
106370	Frankfurt*	50	8.6	110	GER
104990	Gorlitz*	51.2	14.9	237	GER
109620	Hohenpeißenberg*	47.8	11	977	GER
104270	Kahler Asten*	51.2	8.5	839	GER
107210	Karlsruhe*	49	8.4	145	GER
107246	Kempten*	47.7	10.3	705	GER

**Zdroj:** SCD's Research Data Archive, \* - zdroj dat je z Deutscher Wetterdienst Datenservice

## 2.3 Metodiky pro klasifikování srážkových úhrnů

Dlouholetých průměrných úhrnů srážek lze použít pro hodnocení srážkového charakteru měsíce, roku nebo jiného období. K tomuto účelu se vyjádří aktuální úhrn srážek v procentech dlouhodobého průměru, neboli v procentech normálu (Reinhartová 1988, s. 99).

U srážek není vhodné pro posouzení suchosti nebo vlhkosti používat odchylku srážkového úhrnu od normálu v mm, protože u srážek se neprojevuje kvazikonstantnost rozdílů, nýbrž kvazikonstantnost podílů (Reinhartová 1988, s. 100).

Pro posouzení charakteru aktuálních hodnot srážkových úhrnů v ČSSR doporučila v roce 1957 celostátní meteorologická konference následující stupnici:

**Tabulka 2.3.1** Stupnice pro posouzení charakteru srážkových úhrnů

Charakter měsíce	% normálu ( pro roční období )
mimořádně suchý	pod 60
velmi suchý	60 – 79
suchý	80 – 89
normální	90 – 110
vlhký	111 – 120
velmi vlhký	121 – 140
mimořádně vlhký	nad 140

**Zdroj:** Reinhartová 1988, s. 100 podle Vyhláška č. 197/57 Ú.T. § 15 odst. 1. 1957.

*Toto hodnocení je orientační a pro přesnější posouzení normality nebo abnormality srážkových poměrů v určitém roce je třeba mít k dispozici statistické charakteristiky.* (Reinhartová 1988, s. 100)

Nejběžnějším způsobem, jak analyzovat extrémny v každé datové řadě, je určit si horní a spodní prahovou hodnotu, definovanou +/- směrodatnou odchylkou, nejčastěji její +/- dvoj a troj násobek a pak sečíst ta data, která tyto prahy překročila. (Schönwiese, Greiser, Trömel, 2003)

Stejně tak i Nosek (1972) uvádí metodiku pro hodnocení srážkových úhrnů z výpočtu pravděpodobnosti překročení násobku směrodatné odchylky (tabulka 2.3.2) Uvedené prahové hodnoty, včetně pravděpodobnosti výskytu, platí pouze pro normální rozdělení.

**Tabulka 2.3.2** Hodnocení srážkových poměrů pravděpodobnosti překročení násobku směrodatné odchylky

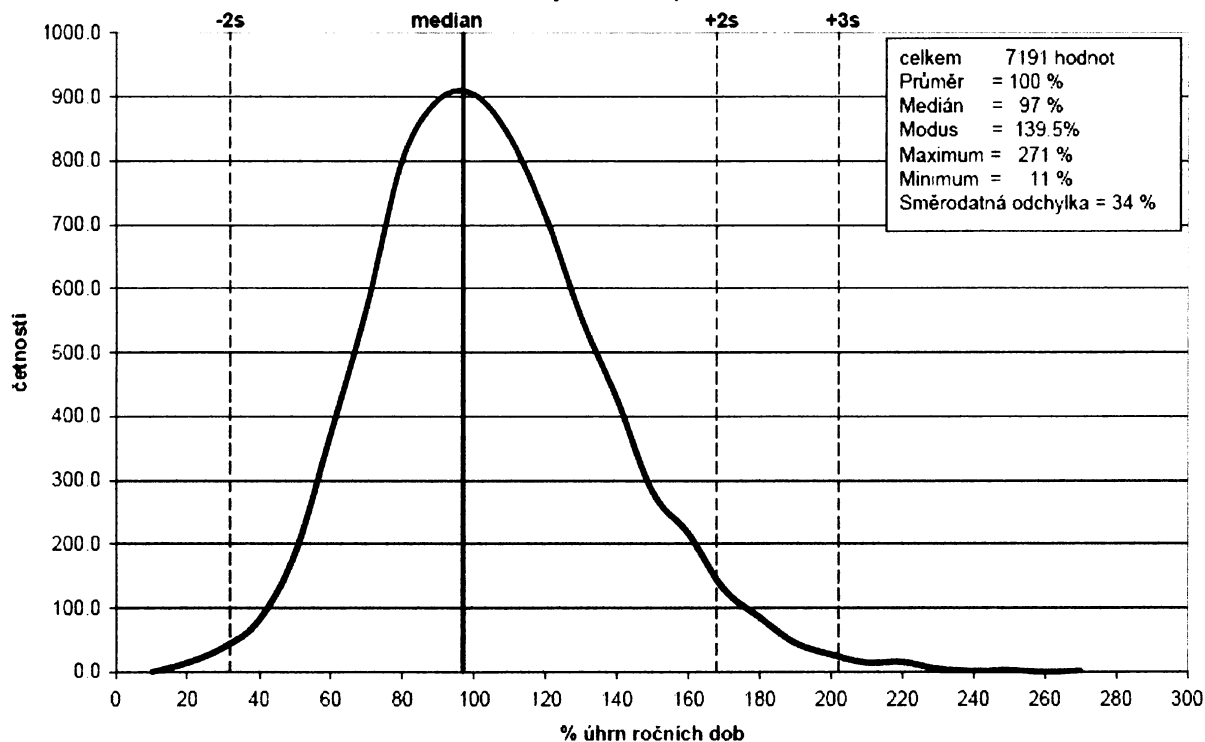
interval jevu	výskyt v %	jev je
pod ( $\mu-3s$ )	0,135	extrémně podnormální
$(\mu-3s) - (\mu-2s)$	2,190	silně podnormální
$(\mu-2s) - (\mu-s)$	13,590	podnormální
$(\mu-s) - (\mu+s)$	68,260	normální
$(\mu+s) - (\mu+2s)$	13,590	nadnormální
$(\mu+2s) - (\mu+3s)$	2,190	silně nadnormální
nad ( $\mu+3s$ )	0,135	extrémně nadnormální

**Vysvětlivky:**  $\mu$  – aritmetický průměr,  $s$  – směrodatná odchylka  
**Podle:** NOSEK, 1972

*U Atmosférických srážek se denní úhrny srážek podřizují rozdělení „J“. Měsíční úhrny srážek projevují mírnou kosost a dobře jim vyhovuje rozdělení Pearsonovy křivky III. typu. Úhrny srážek ročních dob se příliš neliší od normálního rozdělení (Nosek, 1972).*

Statistickou charakteristiku vybraného souboru odchylek od průměru za čtyři roční dokládá následující graf (obr. 2.3.1).

**Obr. 2.3.1** Rozložení hodnot relativních srážkových úhrnů pro roční období



**Vysvětlivky:** Četnosti úhrnů jsou načítány pro intervaly po 10 %.  $s$  – směrodatná odchylka

Tento obrázek dokládá pravdivost předchozích tvrzení. Tedy rozložení odchylek od průměru ročních období má přibližně normální charakter kolem průměru 100 % a budeme-li za neextrémní považovat hodnoty nepřesahující +/- dvojnásobek směrodatné odchylky, budeme se pohybovat v intervalu 66 – 134 %. Extrémně nadnormální hodnoty, překračující podle Noska trojnásobek směrodatné odchylky – tedy -2% a 202 %. Ize nalézt jenom na pravé straně grafu.

Například Schönwiese, Greiser, Trömel (2003) touto cestou detekované extrémy (překračující 2 a 3 násobek směrodatné odchylky) sečetli porovnávali jejich četnost pro jednotlivá desetiletí. I když se v jejich případě jednalo o měsíční úhrny srážek, jejichž distribuce je mnohem více levostranná, jejich závěry mohou pro porovnání prozatím poskytovat zpětnou vazbu. Přibližně na tři extrémně vlhké události připadá jedna suchá v jejich analýze. V datovém souboru této práce je poměr vlhkých k suchým 24:15. Znamená to, že rozdělení hodnot srážkových úhrnů překračujících práh určitého násobku směrodatné odchylky je v případě srážek vždy levostranné. Tato skutečnost je zde zdůrazněna navzdory výše uvedené citaci o normálním rozložení a vysvětluje pouze, že v konečném výstupu práce by mělo být více vlhkých anomálií než suchých. (*Pozn. Jak bude řečeno v závěru této kapitoly, pro chápání daného stavu jako plošné srážkové anomálie bude přidána ještě jedna podmínka, díky níž bude výsledný poměr detekovaných anomálií vyrovnaný 15:15.*)

Schönwiese, Greiser, Trömel (2003) počty extrémů zvláště porovnali pro období 1896 – 1945 a 1946 – 1995. Došli k závěru, že chování výskytů extrémních událostí se s určitou pravidelností přibližně cyklicky opakuje a délka těchto cyklů se s postupem času zkracuje. V této práci monitorující 34leté období k podobnému závěru nemohu spolehlivě dojít. Je ale důležité toto zde opět zmínit, protože tento jev zde může být alespoň částečně naznačen.

Od tohoto místa dále se práce tedy bude již zabývat pouze prostorovým zhodnocením srážkových anomálií. Vzhledem k tomu, že se jedná o prostorová data, která mají ve výsledném výstupu podat určitou informaci o jejich rozložení v extrémních situacích, je nezbytné k faktu, že došlo k překročení prahové hodnoty, přidat ještě faktor, charakterizující plošnou intenzitu.

Ostatně v průběhu časového období téměř každý rok, každé roční období došlo aspoň na jedné stanici k překročení například dvojnásobku směrodatné odchylky. Museli bychom pak dojít k závěru, že je nutné každý rok a každé roční období vyinterpolovat zvláště, a celé sledované území by pak bylo pokryto téměř jednolitou vrstvou, zobrazující výskyt alespoň jedné extrémní události po celé své ploše. Tento fakt je na začátku každé kapitoly, věnované ročnímu období, nahrazen interpolací dosažených maxim a minim, což je více vypovídající.

Plošný rozsah je tedy zaručen tím, že současně s překročením prahové hodnoty musí být ještě alespoň na dvou třetinách zvoleného prostoru úhrn celkově nadprůměrný (resp. podprůměrný), aby byla situace klasifikována za anomálii.

Pro budoucí práce podobného charakteru, je však k úvaze také další metodika zpracování dat - Pokud by byl pro každý rok interpolací vytvořen vlastní rastr měsíčních srážkových úhrnů, podobná analýza těchto rastrů (s rastry jako gridovanými body lze v GIS provádět veškeré základní matematické operace) by umožnila dosažení prostorově ještě přesnějších výsledků.

#### **Dle uvážení byl jako nejvhodnější vybrán následující postup:**

Prahovou hodnotou pro detekci bude +/- jedna směrodatná odchylka.

Zvlášť oddělíme vlhké hodnoty (úhrn nad 100 %) od suchých (pod 100 %). Za vlhké anomálie budou považovány právě ty roky, u nichž během sledované roční doby (půlroku nebo roku) aritmetický průměr všech stanic, které zaznamenaly úhrn více než 100 %, bude překračovat hodnotu **100 % + směrodatná odchylka**. Ta bude vypočtena pro každé roční období (půlrok nebo rok) zvlášť, i když se od celoroční příliš neliší.

Současně však budou anomálii detekovat pouze ty roky, kdy poměr stanic, které naměřily nad 100% ku stanicím pod 100%, bude větší než **2 : 1**. Tak nedojde k detekci jen drobných lokálních extrémů v podprůměrně vlhkém roce.

Analogicky stejný postup platí i pro suché anomálie, pouze s opačnými znaménky.

## 2.4 Vliv nadmořské výšky na interpolované hodnoty

Výsledným výstupem práce je interpolace odchylek od průměru, naměřených na vybraných stanicích. Protože v této interpolaci nebude brána do výpočtu nadmořská výška stanic, měli bychom nejprve ukázat, jaký vliv má nadmořská výška na vybraný soubor interpolovaných dat. Do vzájemné korelace byly dány nadmořské výšky stanic a pro každý sledovaný rok relativní odchylku od průměru (ROP). Dále byla také hledána závislost nadmořské výšky stanic na rozptylu relativních odchylek od průměru za celé sledované období.

Pro jednotlivá období se tyto korelační koeficienty pohybovaly v rozmezí zobrazeném v tabulce 2.4.1 .

**Tabulka 2.4.1** Závislost odchylek od průměru na nadmořské výšce a jejich rozptylu na nadmořské výšce

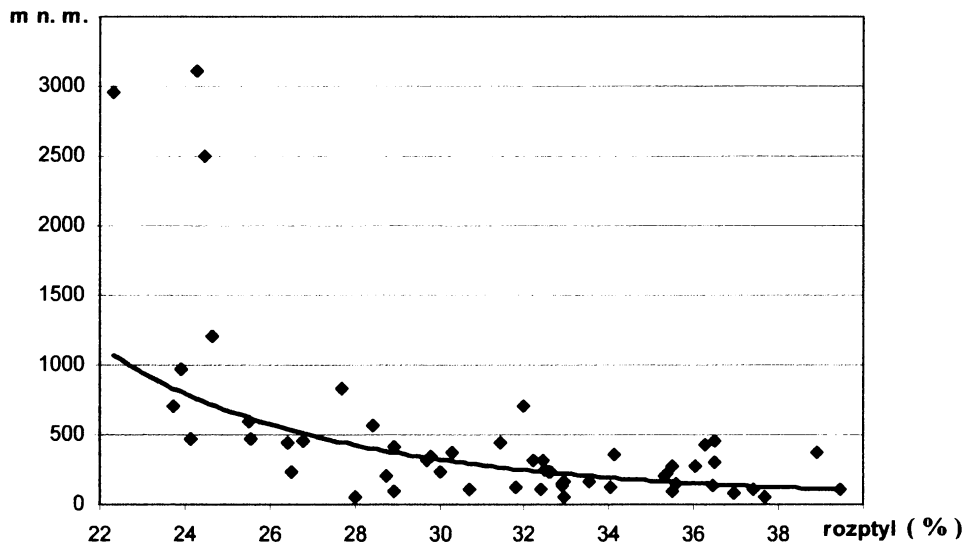
období ( 12 / 1971 – 5 / 2005 )	ROP a m n. m.			rozptyl ROP a
	min.	max.	prům.	m n. m.
<b>zimní období</b> (prosinec, leden, únor)	-0,30	0,35	0,015	-0,04
<b>jarní období</b> (březen, duben, květen)	-0,36	0,40	0,005	-0,220
<b>letní období</b> (červen, červenec, srpen)	-0,29	0,40	0,008	-0,643
<b>podzimní období</b> (září, říjen, listopad)	-0,33	0,33	0,001	0,049
<b>chladný půlrok</b> (zima - jaro)	-0,20	0,26	0,005	-0,002
<b>teplý půlrok</b> (léto – podzim)	-0,33	0,33	-0,009	-0,270
<b>celý rok</b>	-0,27	0,36	0,005	-0,071

**Vysvětlivky:** Čísla reprezentují korelační koeficient.

Hodnoty korelačních koeficientů závislosti odchylek od průměru na nadmořské výšce se pohybují v kladných i záporných hodnotách blízko nuly, a tedy datový soubor relativních odchylek od průměru nepodléhá v průběhu roku více vlivům nadmořské výšky než náhodným událostem.

Rozptyl odchylek na nadmořské výšce jistou závislost vykazuje, zejména v létě, kdy výše položené stanice vykazují vyrovnanější chod čtvrtletního úhrnu srážek.

Obrázek 2.4.1 Vliv nadmořské výšky na rozptyl odchylek od průměru v létě



Tato závislost je evidentní z grafu (obr. 2.4.1), ovšem platí pouze pro léto a mnohem slaběji také pro celý chladný půlrok. Stanic do nadmořské výšky 500 m n. m., což jsou 4/5 datového souboru, se však tato závislost netýká.

Vzhledem k těmto korelacím a souvislostem si dovolíme v práci s vlivem nadmořské výšky na relativní odchylku od průměru dále nekalkulovat, s tvrzením, že nadmořská výška má vliv na variabilitu souboru, ale ne na odchylky od průměru v dlouhodobé řadě.

Podobná metodika pro zpracování srážkových poměrů je doporučena i v kapitole 10.12. publikace *Metody v klimatologii* (Nosek, 1972). Zde je navržen index proměnlivosti - tedy průměrná odchylka od průměru je ještě dána do podílu s průměrným úhrnem měsíce nebo roční doby. Tento index je na nadmořské výšce zcela nezávislý. Ovšem pro lepší interpretovatelnost grafického výstupu této práce bude vhodnější zobrazovat jenom odchylky od průměru.



## 2.5 Interpolační nástroje a techniky pro analýzu srážkových úhrnů

---

Pro zobrazení detekovaných anomálních událostí a tedy výslednou vizualizaci práce použijí interpolační nástroje ArcGIS (ESRI).

Pokud se jedná o analýzu srážkových úhrnů, nebyl dosud stanoven jednotný postup při volbě interpolačních technik. Každá z metod má své kladné stránky i záporné, stále velkou výzvou je odloučení vlivu nadmořské výšky na naměřené srážkové úhrny, zejména při plošném hodnocení. V současné době se v meteorologii, obvykle pro analýzy krátkodobých nebo jen hodinových úhrnů, naměřené úhrny srážek opravují o radarová data a následně aplikují do regresních modelu a tím je dosahováno stále přesnějších prostorových informací. Pokud jde o klimatologická zpracování delších časových řad, takovýchto nových možností nelze využívat. Je třeba postupovat buď méně alternativní cestou klasických lineárních regresí, nebo může pomoci GIS analýz do algoritmu korekcí vstoupit také digitální model reliéfu nebo třeba modely fiktivních terénů (např. viz. Květoň, V.: Algoritmus analýzy hodinových až denních úhrnů srážek, ČHMU, 1999). Podrobněji se těmito metodám věnuje Martin Stříž (2001) ve své diplomové práci *Nástroje pro prostorovou analýzu srážek v GIS*. Jakékoliv korekce naměřených úhrnů srážek budou však vždy zatíženy nějakou chybou a jejich algoritmy mohou výslednou interpretaci výstupů udělat značně složitou. Z toho důvodu je zde vybrána cesta nejjednodušší a nejpréhlednější, tedy relativní odchylky od průměru, a za předpokladu platnosti tvrzení z předchozího oddílu se těmito korekcím můžeme vyhnout. Přestože však interpolujeme data jen dvourozměrného prostoru, analytické nástroje GIS jsou natolik citlivé prostředky, že různá volba nebo jen různá manipulace s jejich nastavením může poskytnout ze stejných dat vícero odlišných informací. Proto si je ještě před začátkem samotné analýzy vytvořen následující přehled interpolačních nástrojů ArcGIS.

Tři různé extenze ArcGIS (viz následující tabulky) umožňují celkem devět interpolačních technik, z nichž kromě cokrigingu lze všechny aplikovat na datový soubor relativních odchylek od průměru, ovšem s různými výsledky (obr. 2.5.1).

Číslované náhledy na další stránce zachycují stav v zimním období 1977. Pro porovnání všechny metody mají stejnou velikost buňky, lze-li to nastavit porovnávají se stejným počtem bodů a ve vizualizaci je intervalové rozdělení vždy po  $\frac{1}{2}$  směrodatné odchylky z vypočtených hodnot. Další srovnání je rovněž na obr. 2.5.2.

**Spatial analyst:**

- 1 IDW
- 2 Spline
- 3 Kriging – ordinary
- 4 Kriging – universal (linear)

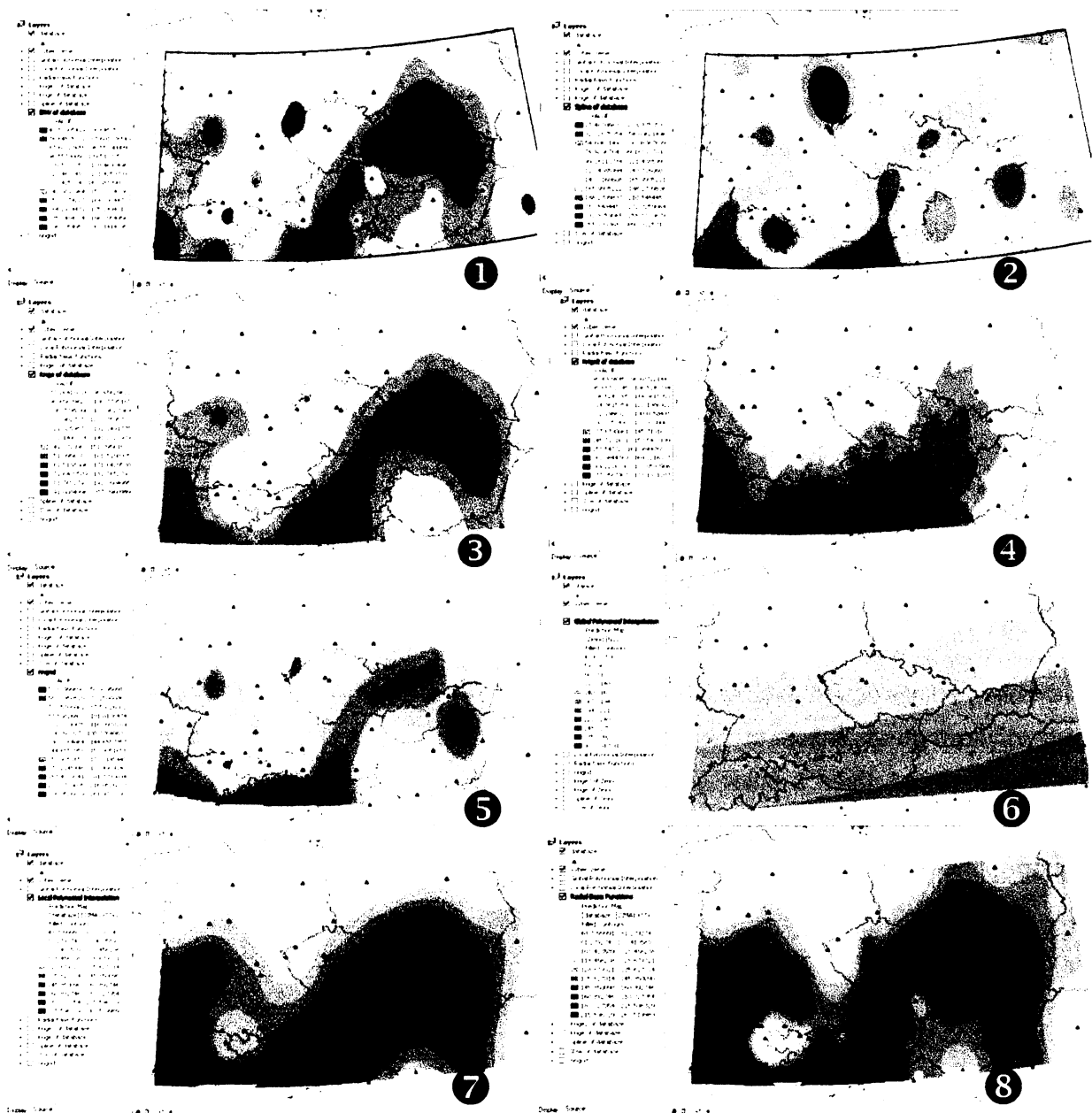
**3D analyst:**

- IDW
- Spline
- Kriging -ordinary/universal
- 5 Natural Neighbors..

**Geostatistical analyst:**

- IDW
- 6 Global polynomial interp.
- 7 Local polynomial interp.
- 8 Radial basis function
- Kriging (různé typy)
- Cokriging

Obr.2.5.1 Interpolační techniky ArcGIS (ESRI)



Vysvětlivky: Popisková čísla odpovídají číslům v tabulkách nahore

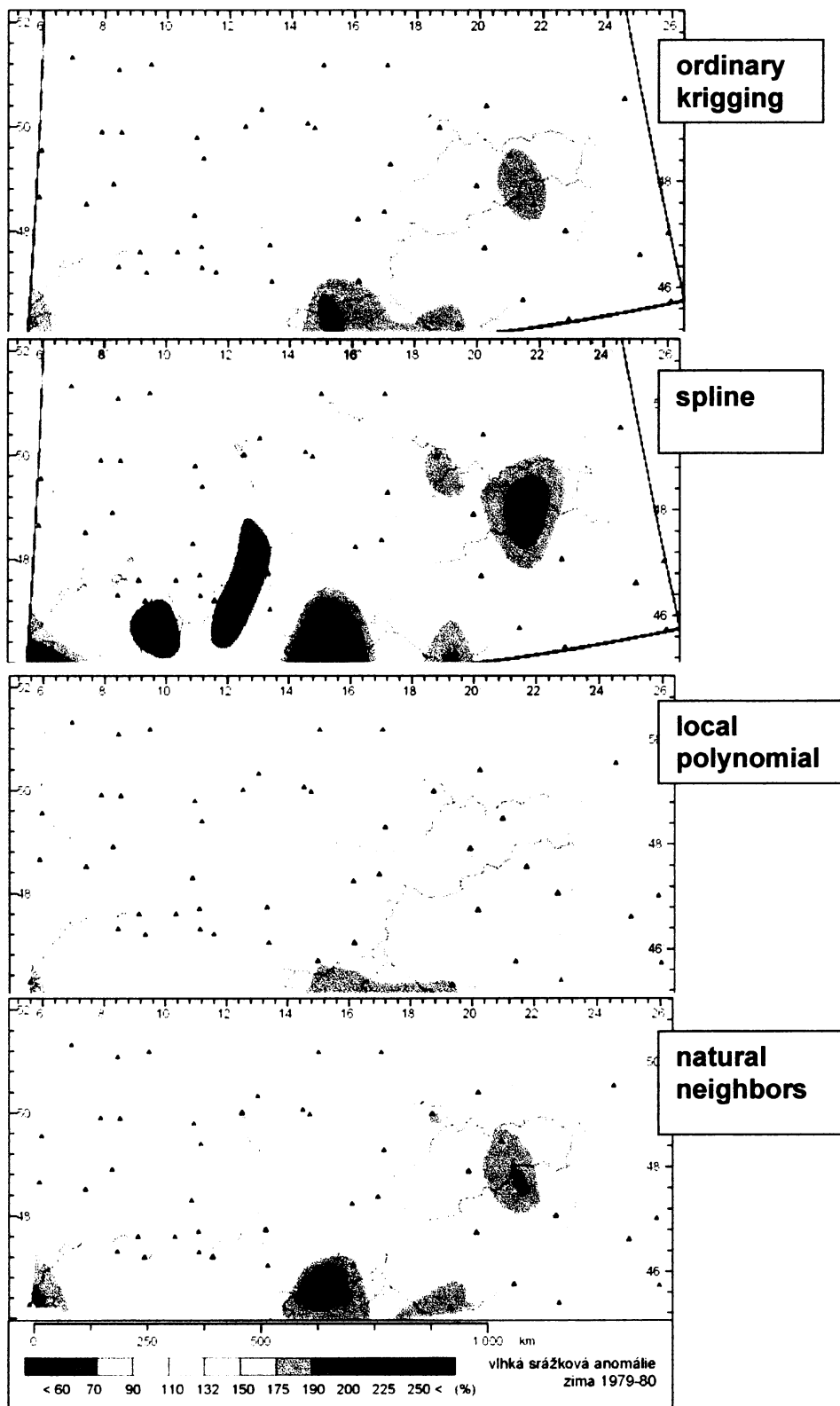
*Při definování vlastní interpolace nabízí dialogové okno vždy předem ještě několik dalších nastavitelných parametrů, z nichž nejlépe lze interpolaci ovládat pomocí geostatistical analyst. Uvedenými metodami lze tedy dosáhnout i poněkud jiných výsledků, než zde zveřejněných.*

Kromě vizualizační stránky interpolace je nutné rovněž porovnat jejich přesnost. Některé metody totiž interpolované hodnoty přepočítávají, takže výsledný rastr nemusí všude přesně odpovídat tomu, co bylo v bodu původně naměřeno. To nemusí vadit při interpolaci absolutních čísel, ale při počítání s relativními čísly je nutné, aby ke k takovým změnám příliš nedocházelo.

**Inverse Distance Weight - IDW, Spline a Radial Basis Function** jsou přesné, ale tvoří kolem extrémních hodnot příliš ostrá „býčí oka“, nebo „ostré hrany“ přechodů intervalů, což není zcela vhodné pro plošnou analýzu. Naopak **Global polynomial interpolation** výstup natolik generalizuje, že zde pozbývá vypovídající hodnoty. **Universální kriging (lineární)** je zde takto patrně špatně nastaven, neboť jeho výsledky jsou značně odlišné od ostatních interpolací a obvod jednotlivých ploch není plynulý. **Ordinary kriging a local polynomial interpolation** se vizuálně neliší od ostatních metod, ovšem pro některé stanice nejsou zcela přesné (obr. 2.5.2) a znázorněné relativní odchylky v rastru neodpovídají jednotlivým gridům stanic. Nejvhodnější metodou se zdá být **natural neighbors**, která je zcela přesná. Metoda přirozených sousedů však počítá pouze v prostoru vymezeném okrajovými body, zatímco ostatní techniky dopočtou i okolní prostor podle nejsevernější, resp. nejzápadnější (a naopak) stanice. Je třeba zvážit, zda upřednostnit vizuálně a prostorově rozsáhlejší polynomickou interpolaci či kriging, nebo raději zcela přesnou metodu přirozených sousedů. Po uvážení byla zvolena metoda natural neighbors.

Uvedené hodnocení metod je ovšem subjektivní a porovnání interpolačních metod GIS pro specifické potřeby je výzvou pro další práce v tomto duchu. Je možné, že do úvahy by bylo vhodné v případě srážek vzít také jejich roční chod. Různá volba a nastavení by mohla být vhodnější například pro letní měsíce s velkým úhrnem srážek a jiná pro zimní, kdy jsou úhrny menší. Předpokládejme však, že v případě relativních hodnot, navíc v tomto měřítku práce, můžeme tyto úvahy vynechat.

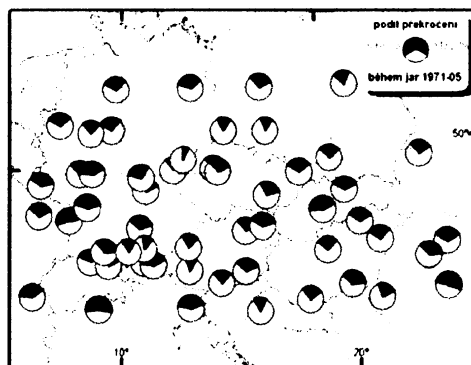
Obr. 2.5.2 Přesnost vybraných čtyř interpolací ArcGIS (zima 1978/79, legenda je shodná)



### 3. Prostorové zhodnocení srážkových anomálií

#### 3.1 Zhodnocení srážkových anomálií v jarních obdobích (březen-květen)

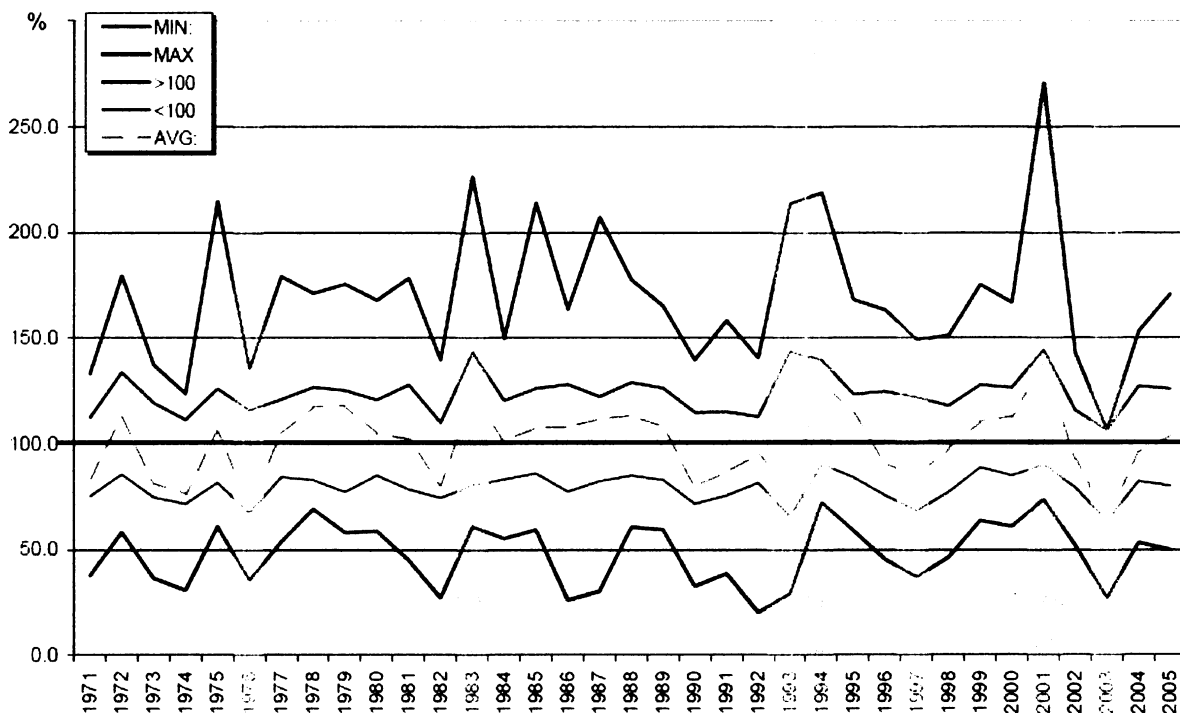
Obr. 3.1.1 zachycuje v kartodiagramech podíl překročení prahových hodnot na jednotlivých stanicích. Vlhka převažují na jihovýchodě, na severu je tento poměr vyrovnaný, u některých západních stanic převažují období suchá. Obr. 3.1.2 prezentuje vývoj relativních srážkových úhrnů. Červená čára značí nejmenší hodnotu, modrá maximální, čárkovaná průměr všech stanic. Zeleně je zachycen průměr stanic s úhrnem nad 100 % a oranžově pod 100%. Prahovými hodnotami pro detekci anomálií jsou: 132 % a 68 %.



Obr. 3.1.1 Překročení prahových hodnot

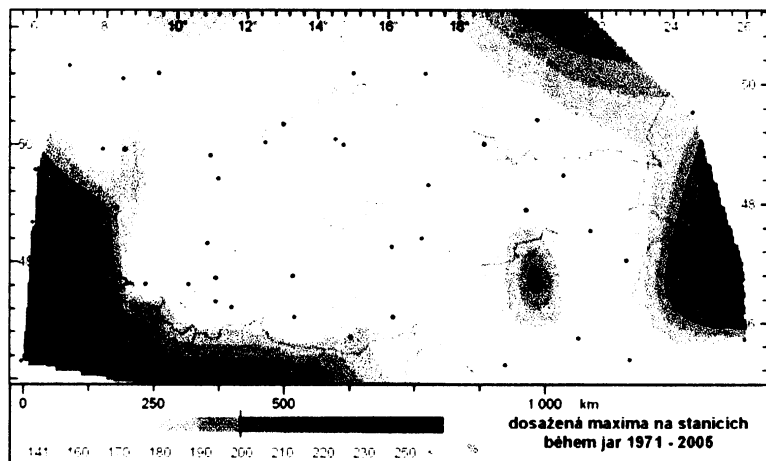
Takto byly detekovány tři jara, klasifikovaná jako vlhké srážkové anomálie (v grafu 3.1.2 označeny modře). Suchá jara byla nalezena čtyři, (oranžově). Celkově je průběh průměrových časových sérií nepravidelný a rozkolísaný s třemi výraznými maximy. Četnost extrémních událostí je větší v posledním desetiletí řady. Suché a vlhké události se střídají.

Obr. 3.1.2 Vývoj jarních srážkových úhrnů



## Vlhké anomálie na jaře

Obr. 3.1.3 Dosažená maxima

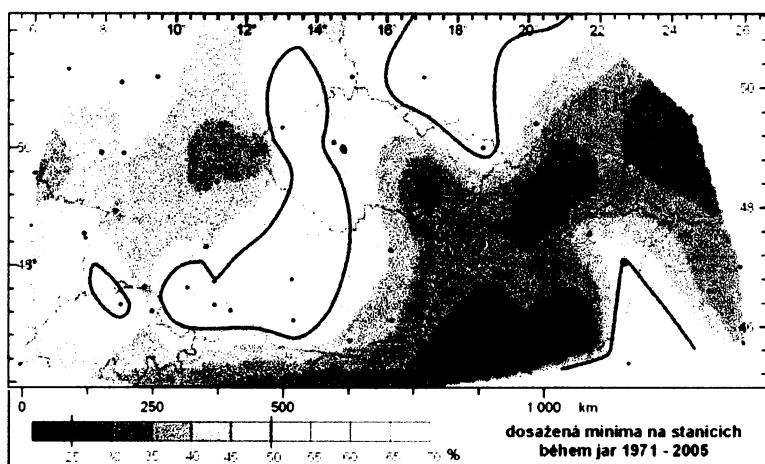


Podle dosažených maxim během jarních období (obr. 3.1.3) je centrální evropa poměrně homogením celkem, kde nejvyšší úhrny jsou lokalizovány do jejich okrajových oblastí na jihozápad a východ.

Tři detekované vlhké anomálie z let 1983, 1994 a 2001 (obr. 3.1.5 – 3.1.7) společně pokrývají většinu sledovaného prostoru, nezasahují pouze do jižního Rakouska a velké části Maďarska. Rozdělení hodnot do plochy je rovnoměrné, na každé ze stanic byla prahová hodnota překročena vždy dvakrát z těchto tří případů, maxima jsou při okrajích. Doplňkový prostor mimo vlhkou anomálii je kompaktní s průměrným až podprůměrným úhrnem. Ve zvoleném regionu nebyla nalezena žádná podoblast, která by byla vlhkými anomáliemi na jaře postiženější částí.

## Suché anomálie na jaře

Obr. 3.1.4 Dosažená minima

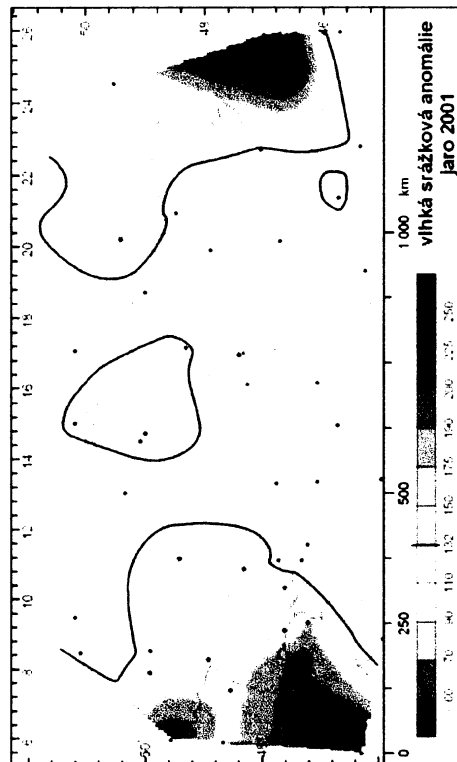
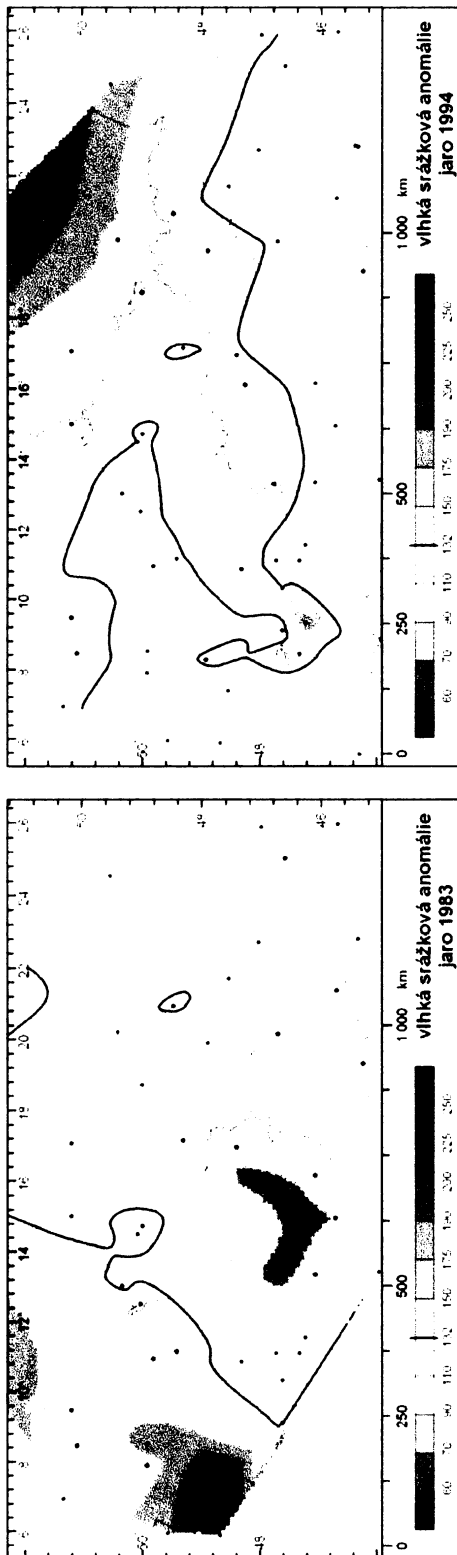


Rozmístění minimálních úhrnů je méně kompaktní a vytváří rozsáhlé nepravidelné ostrovy, kde nebylo dosaženo ani poloviny dlouhodobého průměru. Nejsušší jaro bylo v jižním Maďarsku.

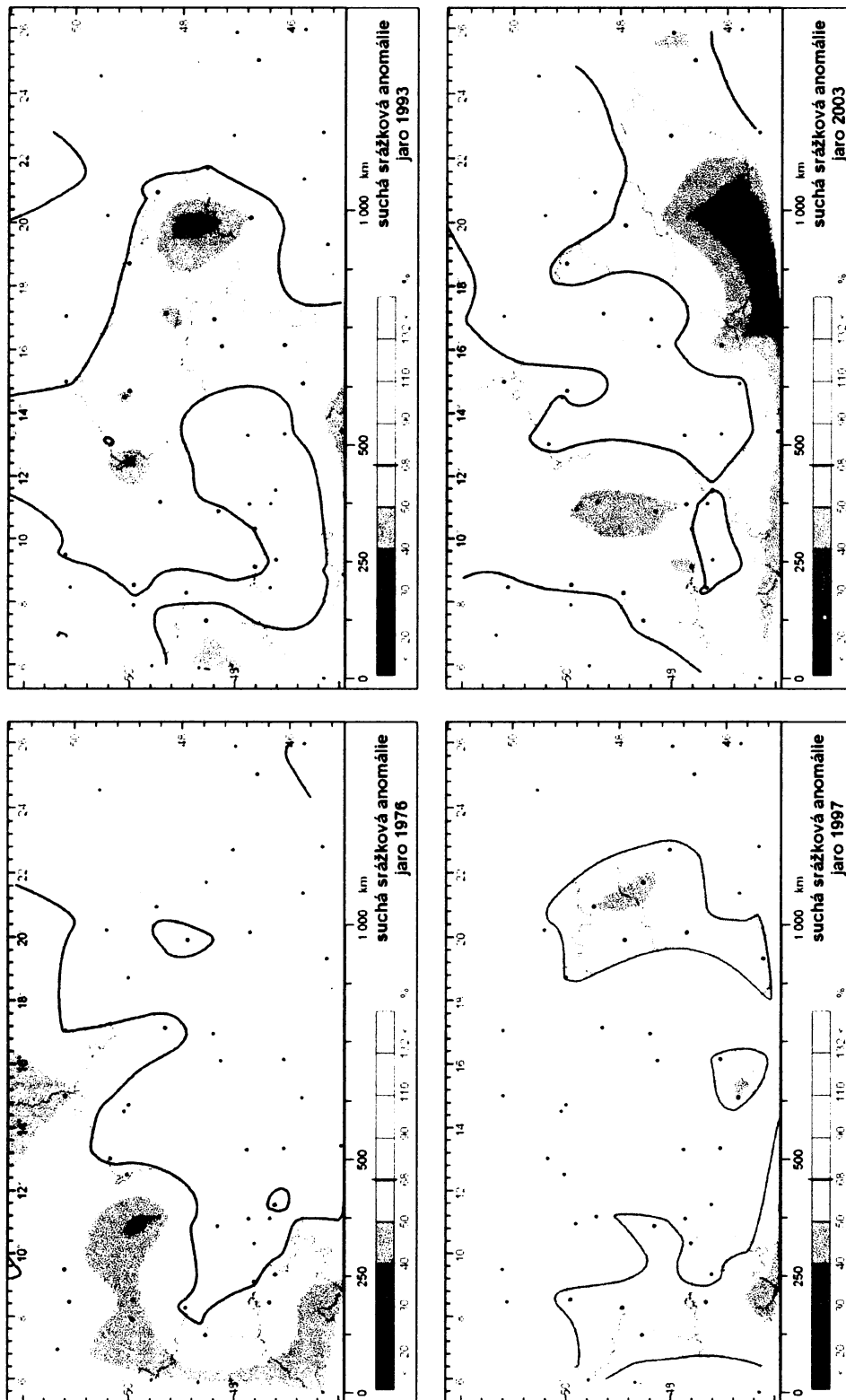
Suché anomálie byly detekovány čtyři – 1976, 1993, 1997 a 2004 (obr. 3.1.8 – 3.1.11). Všechny zasahují do centrálního Slovenska, východní Francie a Švýcarska, naopak se vyhýbají alpskému Rakousku. Hranice, lemující jednotlivé oblasti postižené suchem na jaře, mají členitý průběh s výrazně převažujícím SV-JZ směrem. Plošné

rozložení hodnot je v rámci těchto čtyř let rovnoměrné. Oblast nejpostiženější jarními suchy je středozápad Slovenska.

Obr. 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7 Vlhké srážkové anomálie na jaře



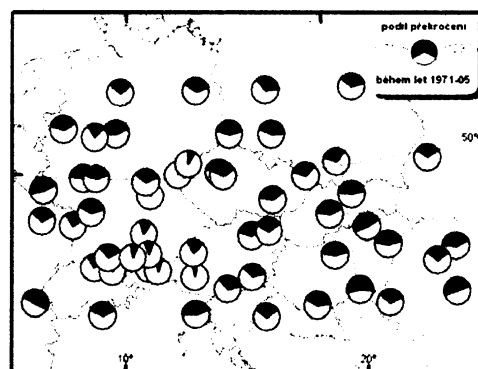
Obr. 3.1.8, 3.1.9, 3.1.10, 3.1.11 Suché srážkové anomálie na jaře





### 3.2 Zhodnocení srážkových anomálií v letních obdobích (červen-srpen)

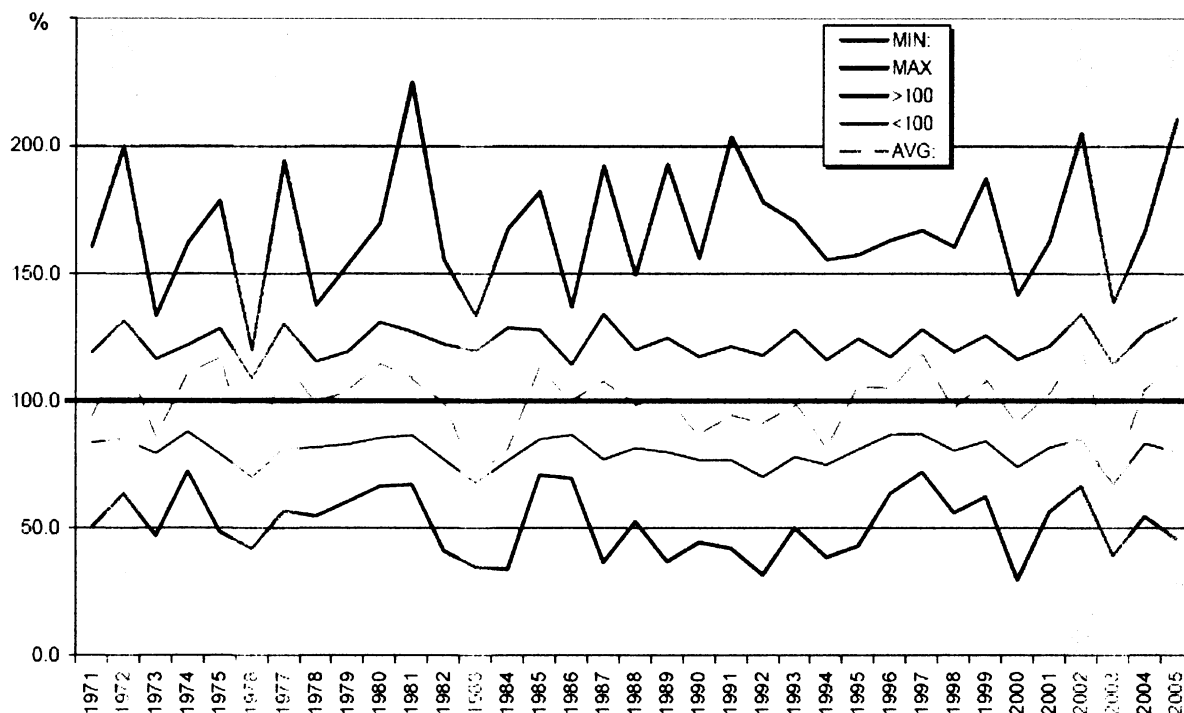
Obr. 3.2.1 zachycuje v kartodiagramech podíl překročení prahových hodnot (jedné směrodatné odchylky). Stanice v jižním Německu a západním Rakousku mají letní chod úhrnů téměř s malým výskytem extrémů oproti tomu jihovýchodní část zobrazeného území je značně rozkolísaná. Obr. 3.2.2 zobrazuje vývoj relativních srážkových úhrnů (význam jednotlivých čar je stejný jako v předchozí kapitole). Prahovými hodnotami pro detekci anomálií jsou: 129 % a 71 %.



Obr. 3.2.1 Překročení prahových hodnot

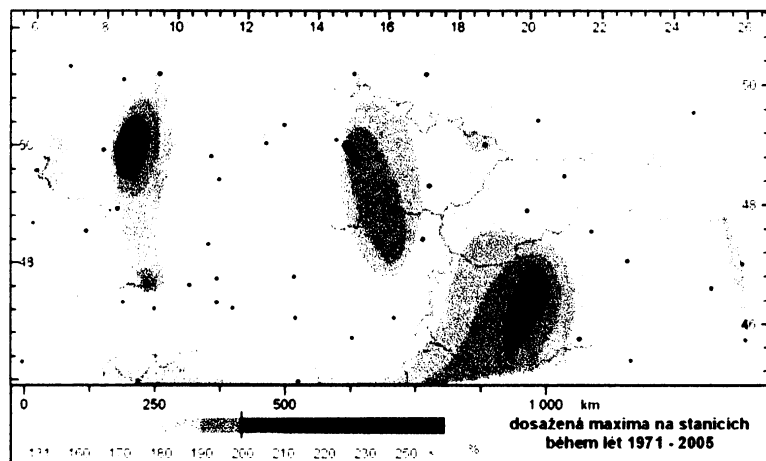
Čtyři léta lze klasifikovat jako vlhké srážkové anomálie (na obr. 3.2.2 modře) a tři léta jsou extrémně suchá (oranžově). Průměrové řady mají tři výrazná minima (sucha), jinak je průběh vyrovnaný. Graf minimálních dosažených hodnot nemá výrazný extrém, maximální hodnoty dosáhly celkem čtyřikrát více než dvojnásobku průměru. Suché a vlhké události se střídají. Uprostřed řady je téměř dvacetileté období bez anomálií.

Obr. 3.2.2 Vývoj letních srážkových úhrnů



## Vlhké anomálie v létě

Obr. 3.2.3 Dosažená maxima



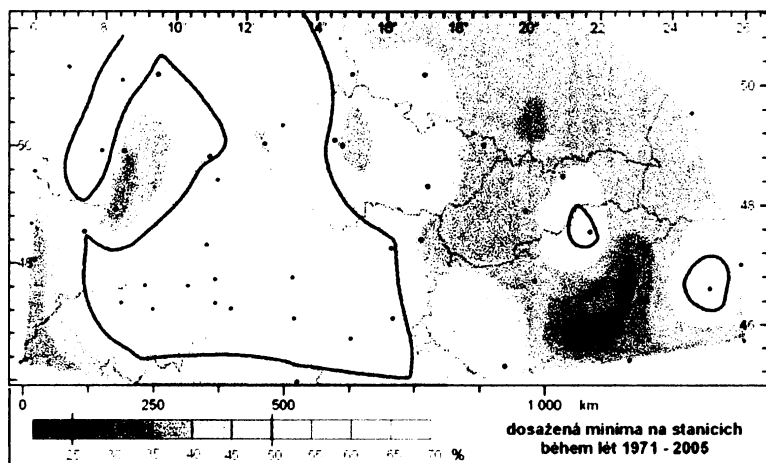
Podle dosažených maxim letních úhrnů je centrální Evropa rozdělena do čtyř severojižních pásů, kde se střídavě vyskytují oblasti s vyššími a nižšími maximy.

Vlhké letní anomálie jsou s výjimkou léta 2005 plošně nekompaktní a mají tvar

protáhlých jazyků, které naznačují jejich průchod územím během časového úseku. Maxima nedosahují ani dvojnásobků dlouhodobých průměrů, a jsou koncentrována jen do drobných jader, kolem jedné nebo dvou stanic.

## Suché anomálie v létě

Obr. 3.2.4 Dosažená minima

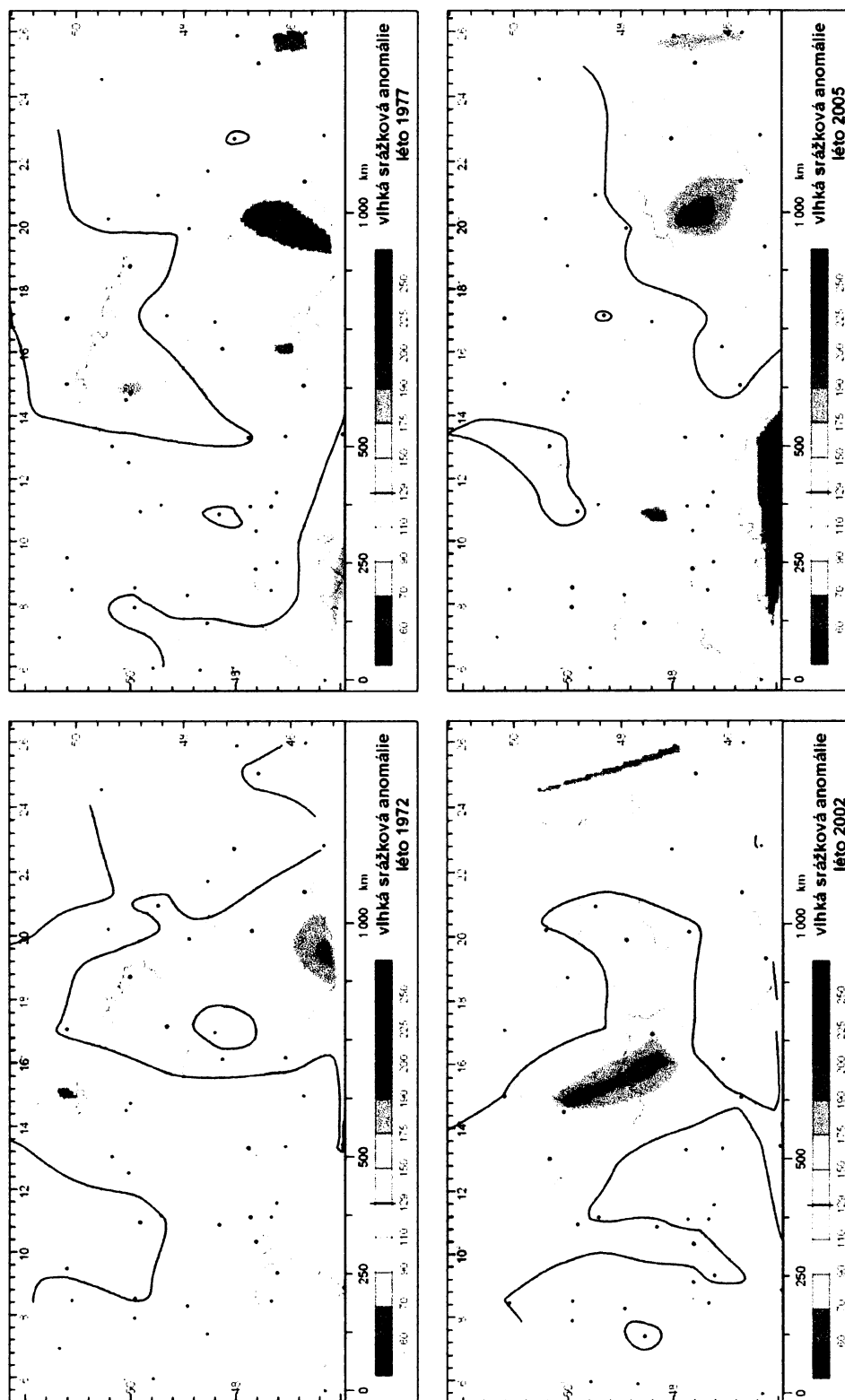


Plošně nejnižší srážkové úhmy jsou rozmístěny do jednolitého prostoru východně od 14 poledníku.

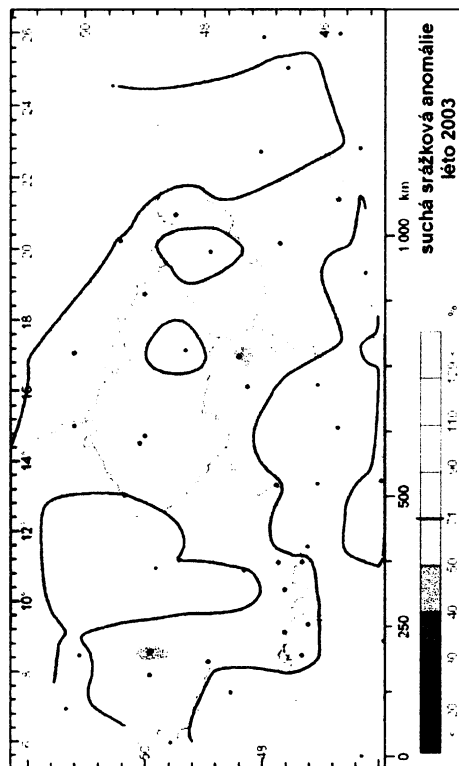
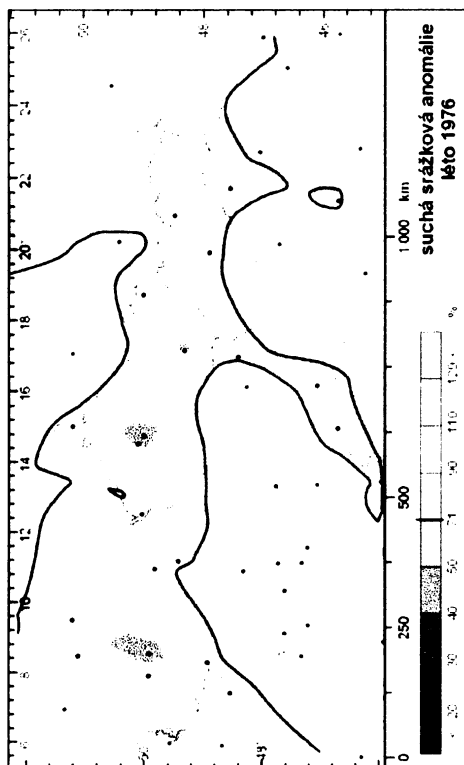
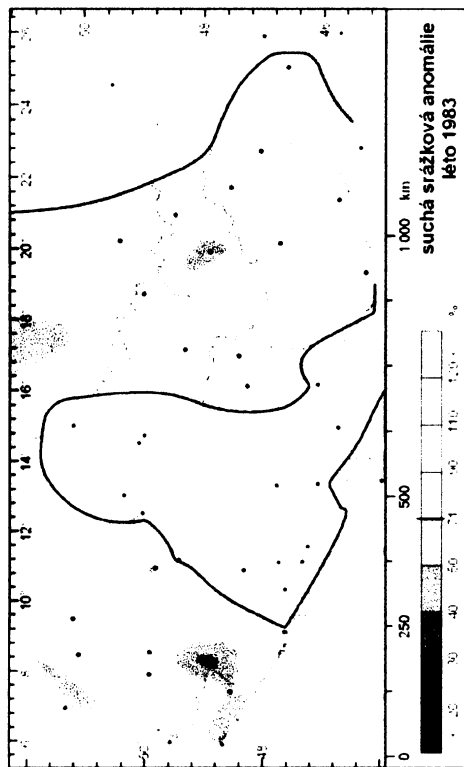
Suché srážkové anomálie z lét 1976 a 2003 tvoří nepravidelné členité plochy se středem v Čechách,

v roce 1983 postihlo letní sucho celou oblast, s výjimkou Čech, jihovýchodního Německa a západního Rakouska. Letní sucha dosahují plošně vyrovnaných relativních hodnot a nejsou doprovázeny téměř žádnými doplňkovými prostory, vyjma maximálně jedné stanice, s úhrnem nad 100%.

Obr. 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7, 3.2.8 Vlhké srážkové anomálie v létě

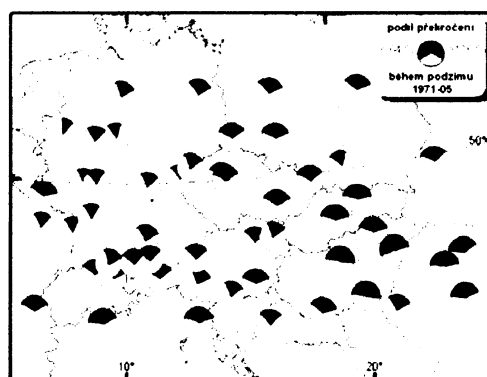


Obr. 3.2.9, 3.2.10., 3.2.11 Suché srážkové anomálie v létě



### 3.3 Zhodnocení srážkových anomálií v podzimních obdobích (září-listopad)

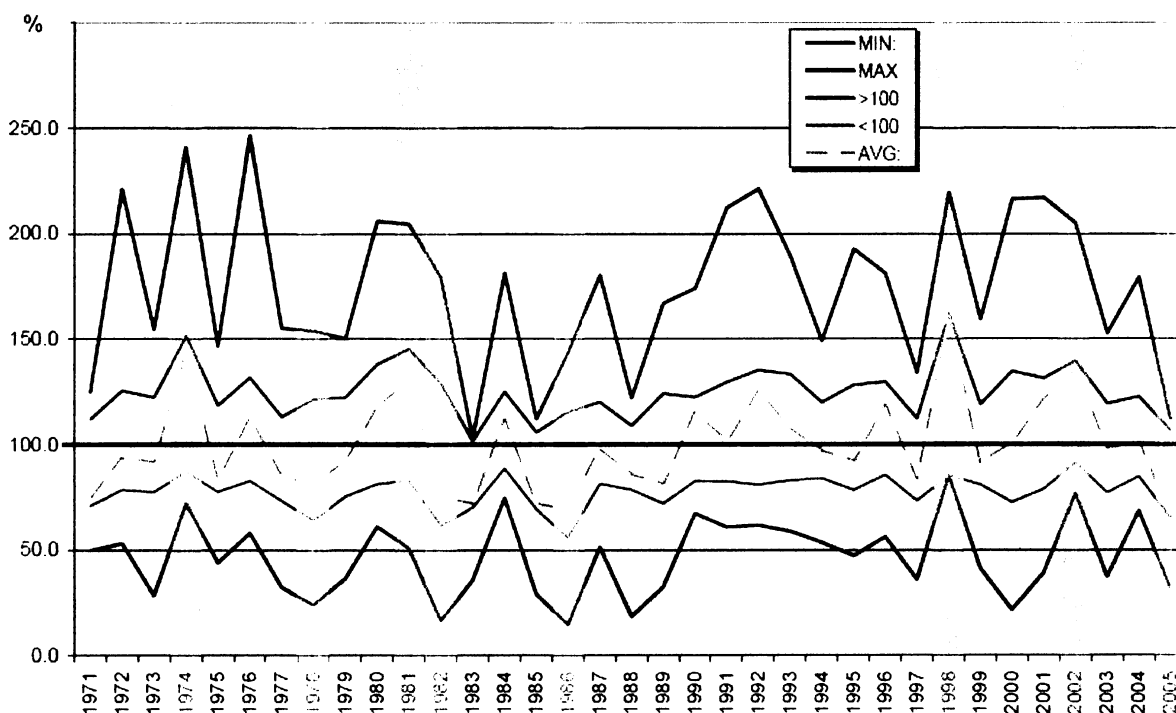
Obr. 3.3.1 v kartodiagramech prezentuje podíl překročení prahových hodnot (jedné směrodatné odchylky). Severozápad vybrané oblasti je na podzim výrazně méně rozkolísanější než jihovýchod. Obr. 3.3.2 zobrazuje vývoj relativních srážkových úhrnů (význam jednotlivých čar je stejný jako v kapitole 3.1). Prahovými hodnotami pro detekci anomálií jsou: 135 % a 65 %.



Obr. 3.3.1 Překročení prahových hodnot

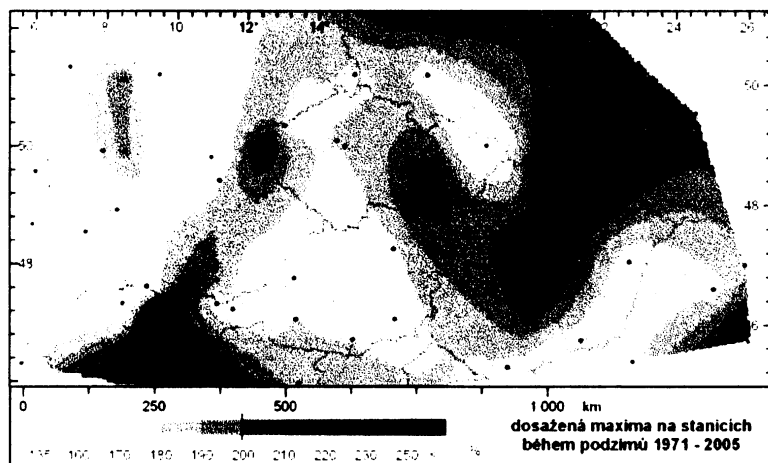
Nalezeny byly čtyři extrémně vlhké podzimy (modře) a čtyři podzimy extrémně suché (oranžově). Časová série je značně rozkolísaná ve všech zobrazených charakteristikách. Průměry všech stanic a stanic s úhrnem nad 100% jsou si při vlhkých anomáliích velmi blízké, neboť anomálie postihuje téměř všechny stanice. Grafy maxim a minim nemají výrazný extrém. Podobně jako letní série je zde od poloviny 80.let až do konce let 90. období bez plošně abnormálního úhrnu srážek.

Obr. 3.3.2 Vývoj letních srážkových úhrnů



## Vlhké anomálie na podzim

Obr. 3.3.3 Dosažená maxima

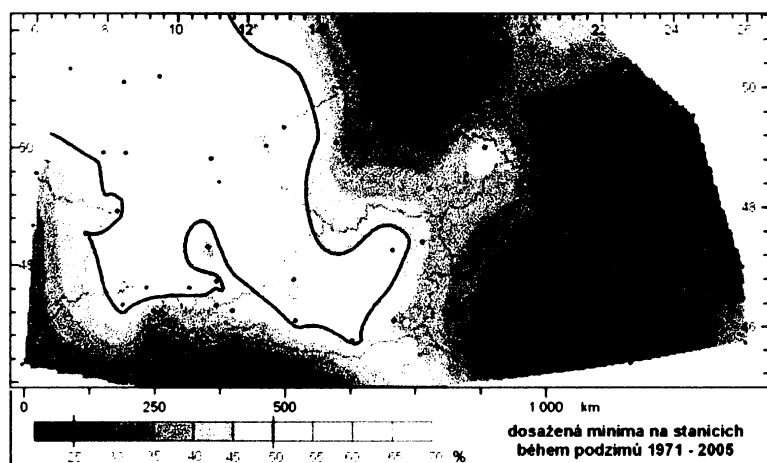


Z dosažených maxim podzimních úhrnů jsou patrné dva prostory – severovýchodní splaz a jiho západní výběžek – kde je dosahováno výrazně vyšších maxim než ve zbývajících částech zobrazeného regionu.

Vlhké podzimní anomálie zasahují vždy do severních Čech a severovýchodního Německa. Téměř celá oblast zaznamenala v době anomálie úhrn nad 100 %. Plochy jsou poměrně kompaktní s výrazným jádrem s extrémním úhrnem.

## Suché anomálie na podzim

Obr. 3.3.4 Dosažená minima

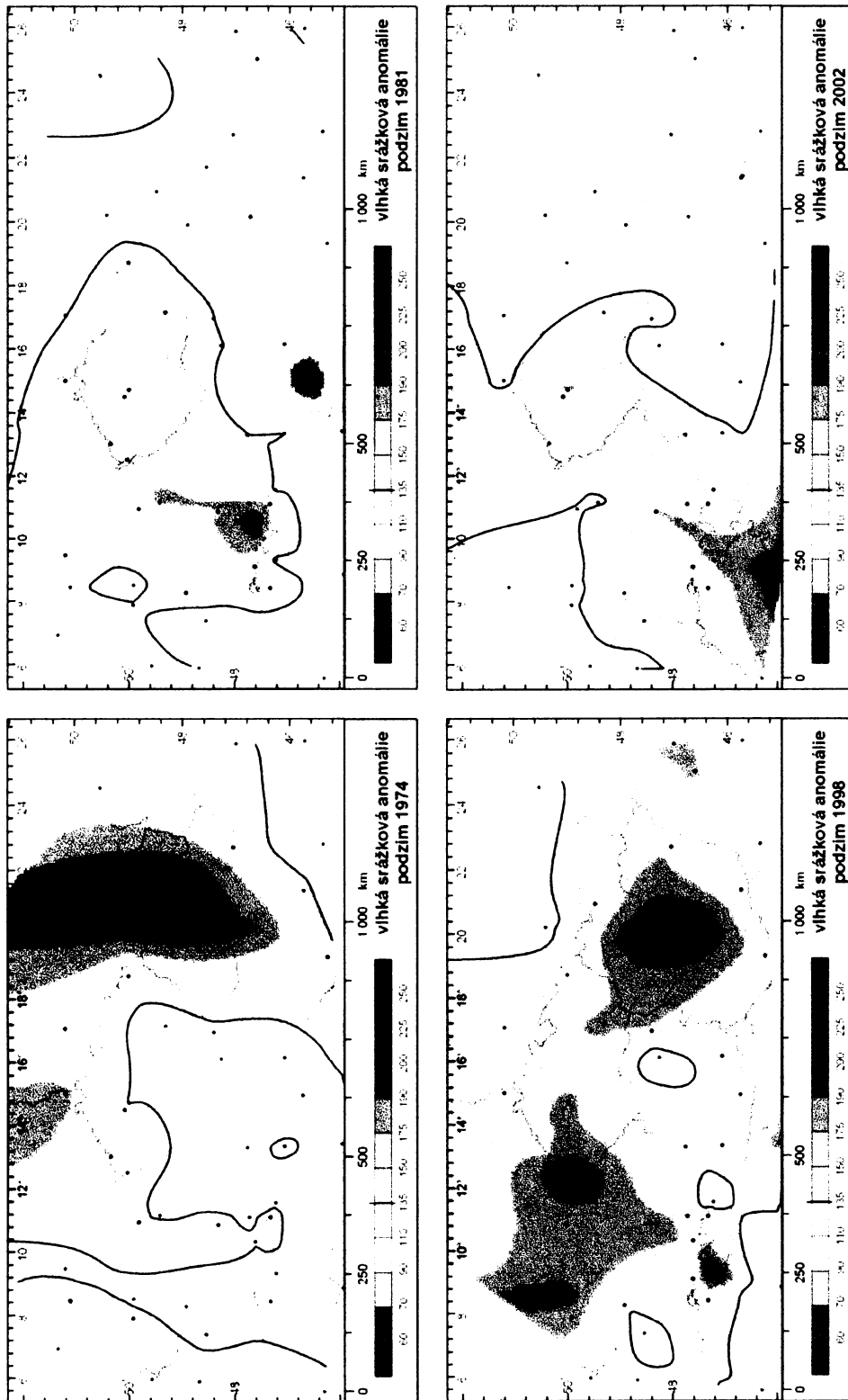


Rozmístění naměřených minim na podzim je podobné jako v létě, na jihu a na východ zde od 13° v. d., ovšem s daleko větší variabilitou a jihovýchodním gradientem.

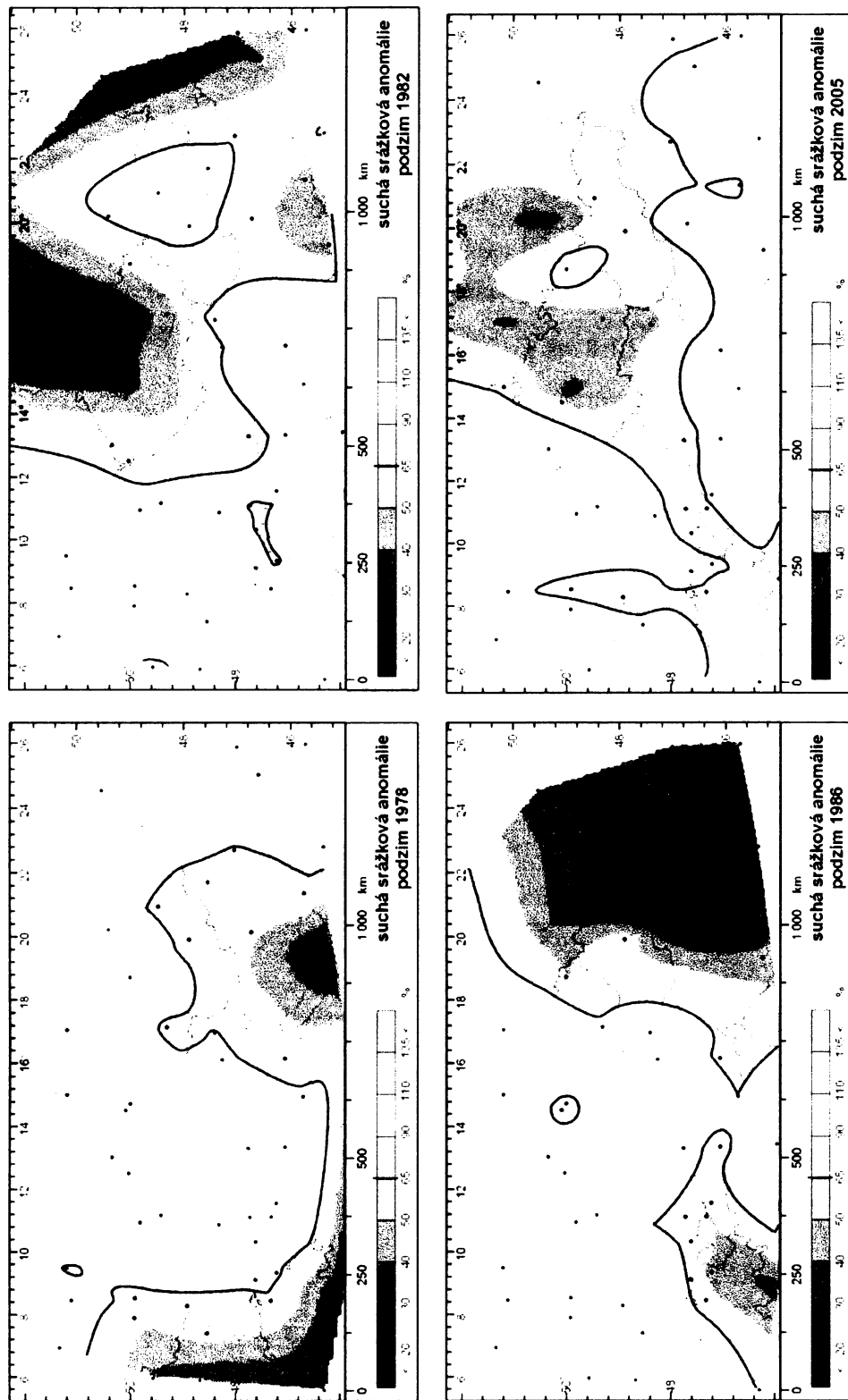
Suché podzimy, kromě roku 2005, mají výrazné jádro s extrémně nízkým úhrnem ale také rozsáhlejší doplňkový

prostor s nadprůměrným úhrnem. Jsou charakteristické pro od oceánu vzdálené východní a jihovýchodní části, naopak severovýchod má chod podzimních srážek daleko vyrovnanější a bez suchých extrémů.

Obr. 3.3.5, 3.3.6, 3.3.7, 3.3.8 Vlhké srážkové anomálie na podzim



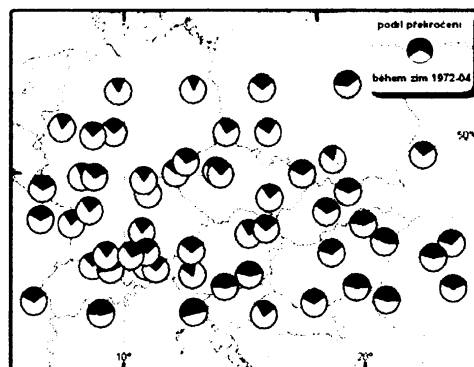
Obr. 3.3.9, 3.3.10, 3.3.11, 3.3.12 Suché srážkové anomálie na podzim





### 3.4 Zhodnocení srážkových anomálií v zimních obdobích (prosinec-únor)

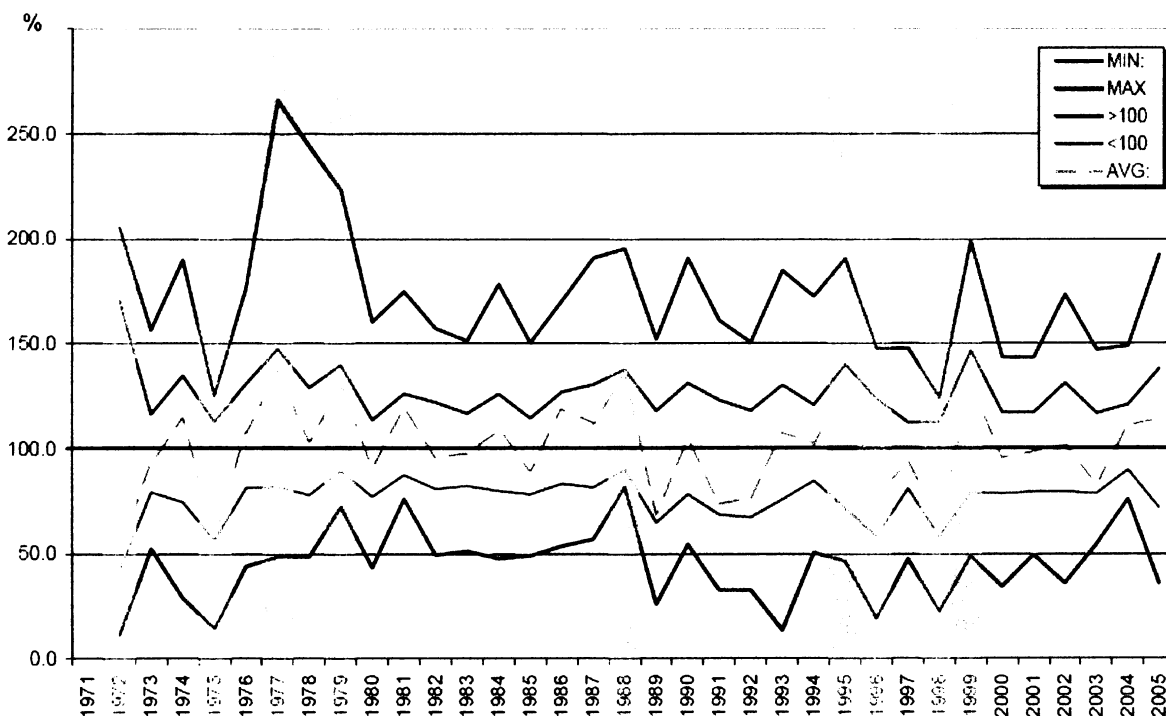
Obr. 3.4.1 zachycuje kartodiagramy podíl překročení prahových hodnot (jedné směrodatné odchylky). Podobně jako na podzim je zde patrný rozdíl mezi vyrovnanějšími chody severozápadních stanic a velká rozkolísanost maxim a minim na východě a jihovýchodě. Obr. 3.4.2 zobrazuje vývoj relativních srážkových úhrnů (význam jednotlivých čar je stejný jako v kapitole 3.1). Prahovými hodnotami pro detekci anomálií jsou: 136 % a 64 %.



Obr. 3.4.1 Překročení prahových hodnot

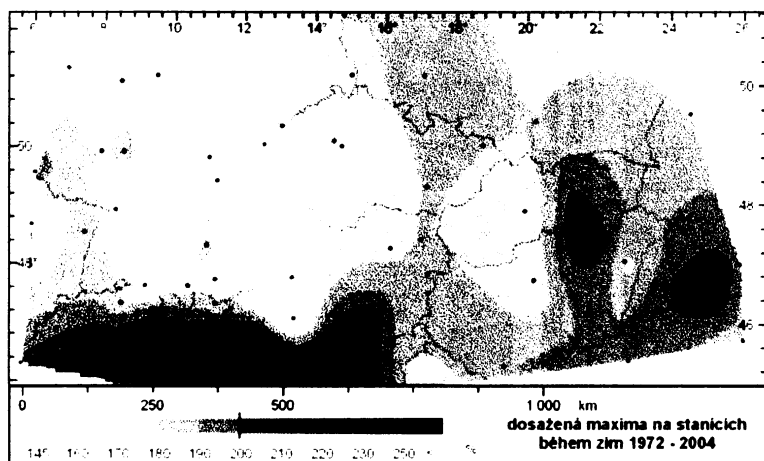
Takto byly nalezeny čtyři extrémně vlhké zimy (na obr. 3.4.2 modře) a čtyři zimy s velmi nízkým úhrnem srážek (oranžově). Jejich rozložení v časové řadě je nepravidelné, chod průměrových charakteristik je nevyrovnaný. Graf minimálních hodnot má dvě výrazná minima a na grafu maximálních hodnot je tříleté období (1977-79) s vysokými maximy (avšak pokaždé na jiné stanici).

Obr. 3.4.2 Vývoj zimních srážkových úhrnů



## Vlhké anomálie v zimě

Obr. 3.4.3 Dosažená maxima



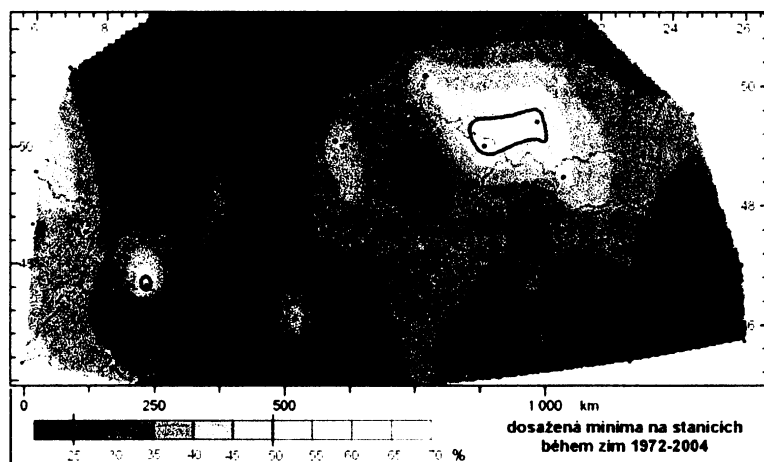
Nejvyšších srážkových úhrnů bylo v zimním období dosaženo v Alpách. Kromě tohoto prostoru je oblast dosaženými maximy rovnoměrně pokryta s náznakem nárůstu s východní zeměpisnou šířkou.

Vlhké srážkové anomálie mají spíše

nekompaktní charakter, většina území má vždy úhrn nad 100 % dlouhodobého průměru, ale je vždy doprovázena oblastí s průměrným nebo podprůměrným úhrnem. V souhrnu anomálie zasáhly celé území, ty ze sedmdesátých let mají podobný charakter umístění.

## Suché anomálie v zimě

Obr. 3.4.4 Dosažená minima

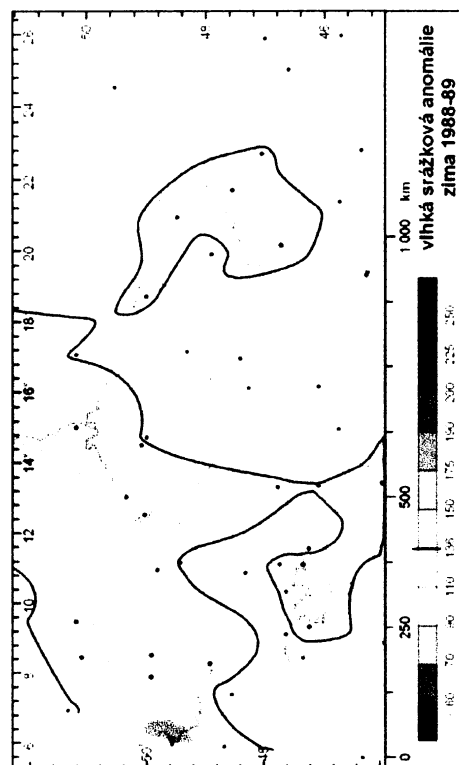
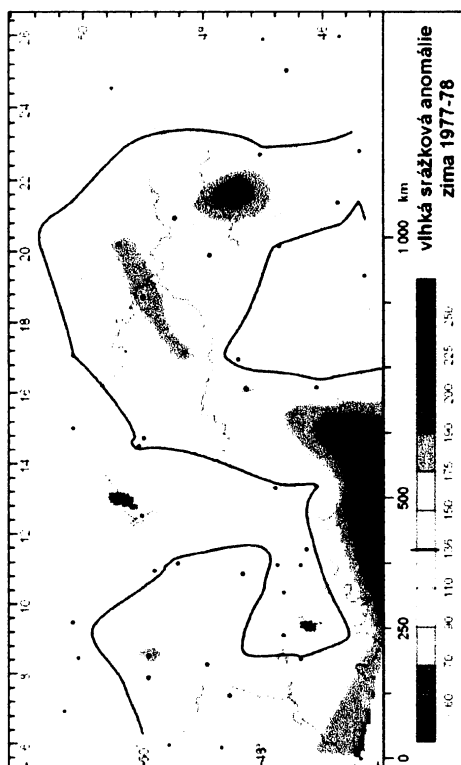
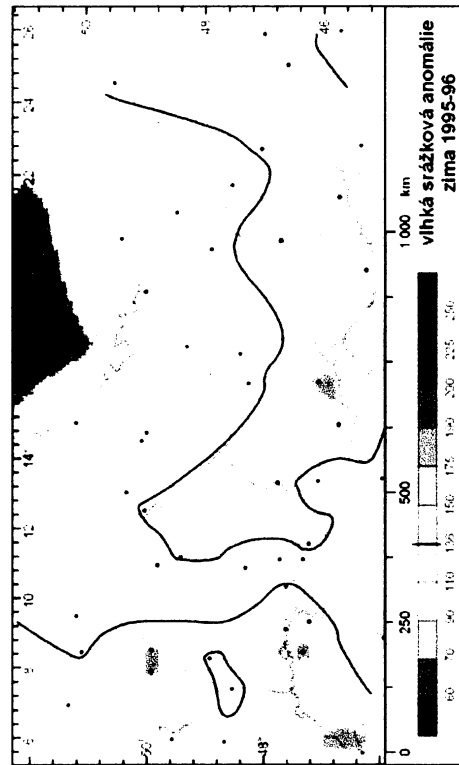
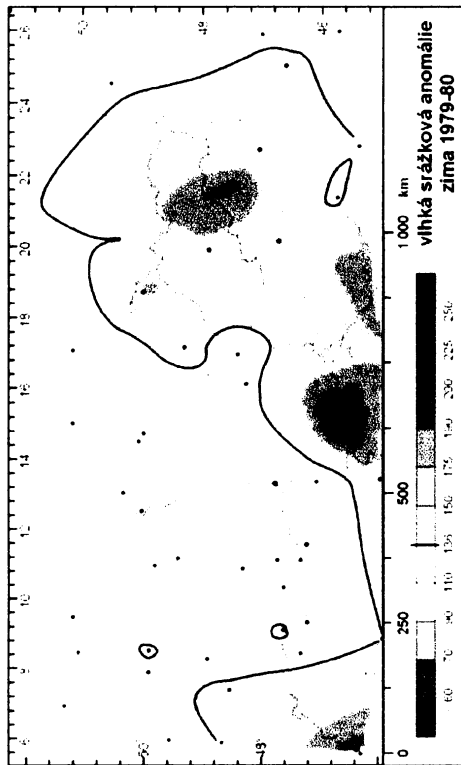


Podle dosažených minim je centrální Evropa rozdělena značně nerovnoměrně. Nejsušší zimy jsou koncentrovány na jih Německa a sever Rumunska.

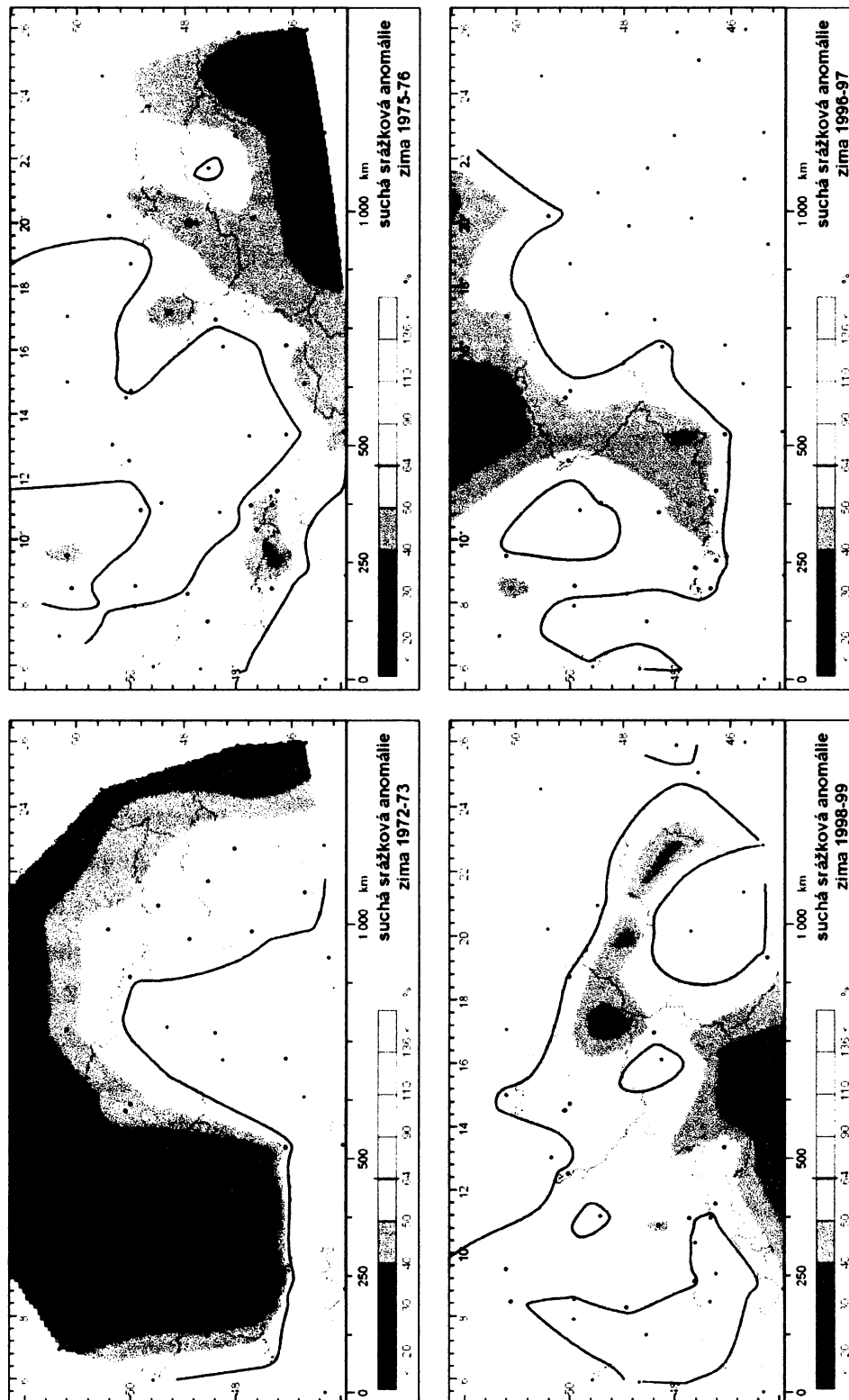
Rozložení srážkových úhrnů během suchých zim je silně nerovnoměrné s více jádry s extrémně nízkým

úhrnem. Oblasti sucha a oblasti s nadprůměrným úhrnem na sebe těsně přiléhají. Suché anomálie v různé míře byly lokalizovány po celém území.

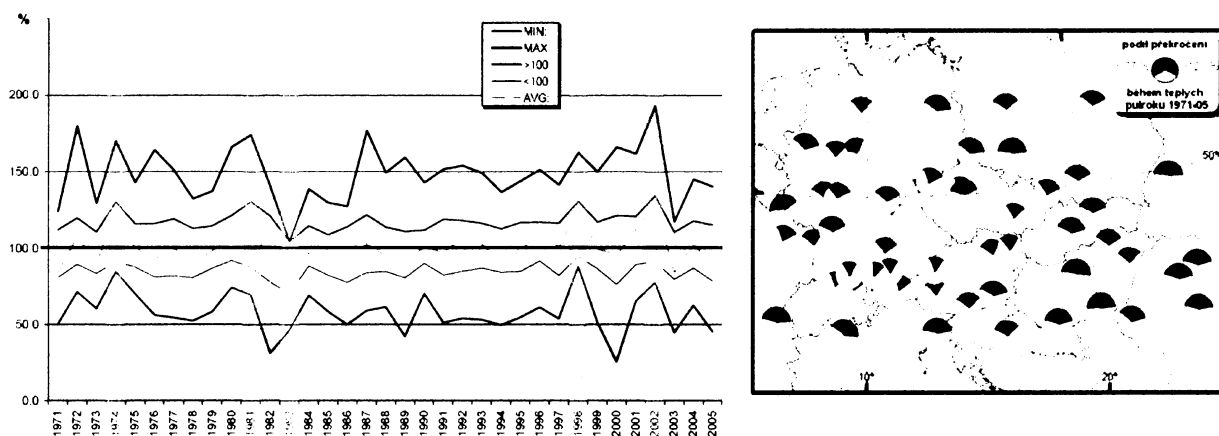
Obr. 3.4.5, 3.4.6, 3.4.7 a 3.4.8 Vlhké srážkové anomálie v zimě



Obr. 3.4.9, 3.4.10, 3.4.11 a 3.4.12 Suché srážkové anomálie v zimě



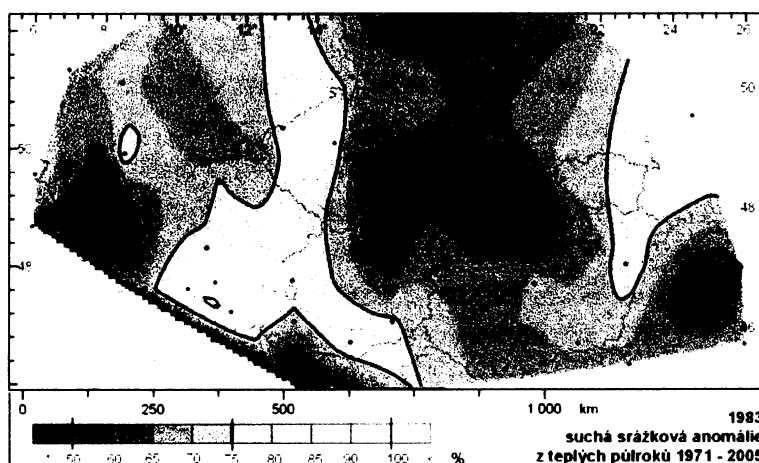
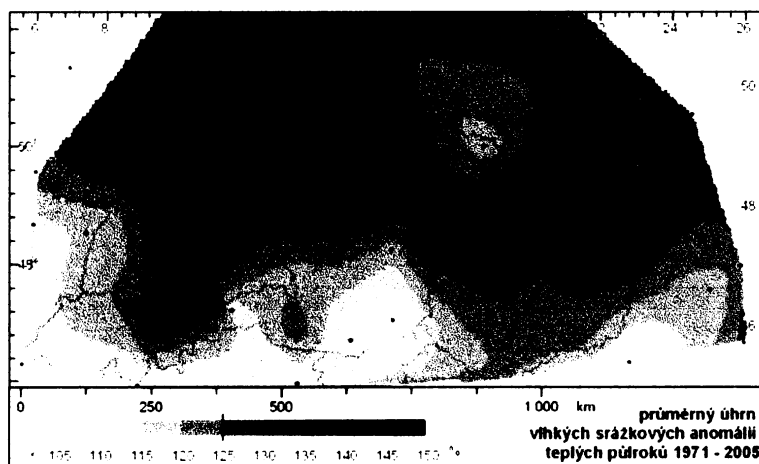
### 3.5 Vývoj relativních srážkových úhrnů během teplých půlroků



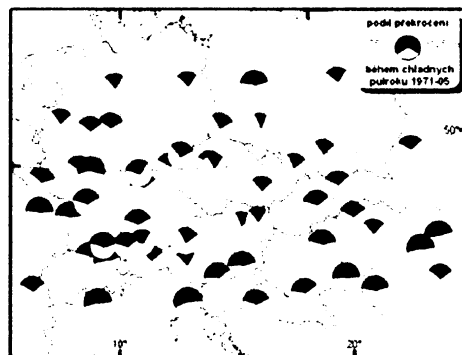
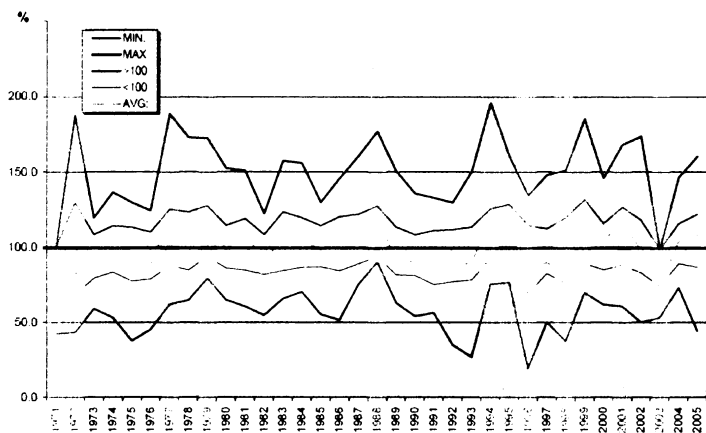
#### Obrázky a grafy na této straně:

- 3.5.1 Vývoj srážkových úhrnů
- 3.5.2 Podíl překročení prahů
- 3.5.3 Průměr vlhkých anomálií
- 3.5.4 Průměr suchých anomálií

Graf (3.5.1) ukazuje ve sledovaném období čtyři vlhké a jednu suchou anomálii pro teplé půlroky (červen – listopad). Rozkolísanost překročení směrodatné odchylky (3.5.2) je v rámci území vyrovnaná s mírou převahou vlhkých období. Obr. 3.5.3 je vypočtený jako průměr z rastrů pro vlhké anomálie a zachycuje jiho-severní nárůst jejich intenzity a kompaktnost jejich rozložení v severní polovině oblasti. Obr. 3.5.4 prezentuje jedinou suchou srážkovou anomálii, která plošně postihla téměř celé území centrální Evropy v roce 1983.



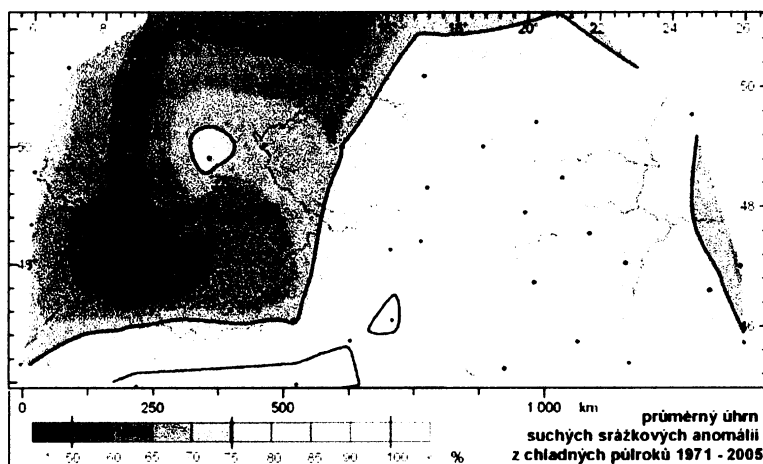
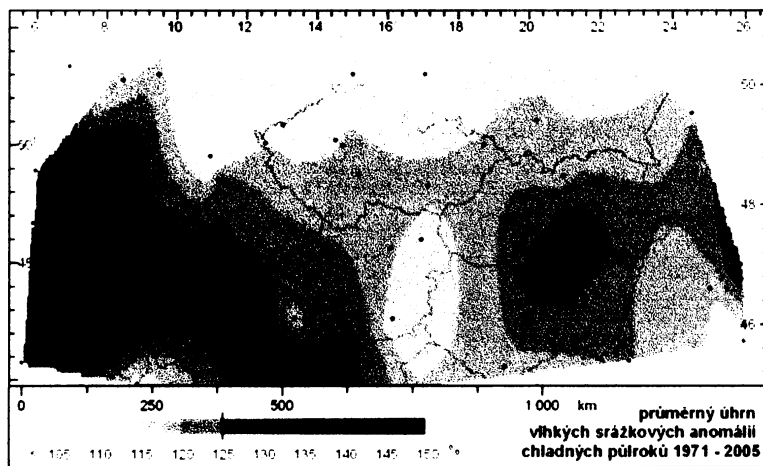
### 3.6 Vývoj relativních srážkových úhrnů během chladných půroků



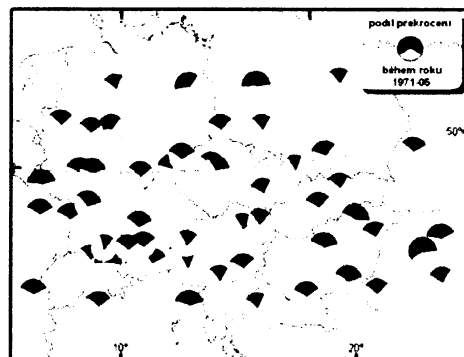
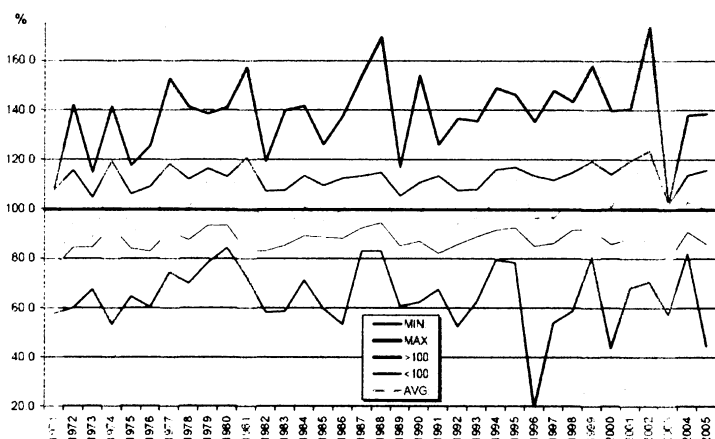
#### Obrázky a grafy na této straně:

- 3.6.1 Vývoj srážkových úhrnů
- 3.6.2 Podíl překročení prahů
- 3.6.3 Průměr vlhkých anomálií
- 3.6.4 Průměr suchých anomálií

Graf (3.6.1) ukazuje ve sledovaném období sedm vlhkých a pět suchých anomálií pro chladné půroků (prosinec – květen). Na jižních stanicích v regionu je rozkolísanost překročení prahové hodnoty pro anomálii poměrně vysoká s převažujícími suchy (3.6.2). Vlhké srážkové anomálie jsou podle průměrového rastru z nich (3.6.3) koncentrovány na západ a do alpské oblasti. Extrémní sucha (3.6.4) jsou touto metodikou lokalizovány na území celého Německa, západních Čech a západního Rakouska.



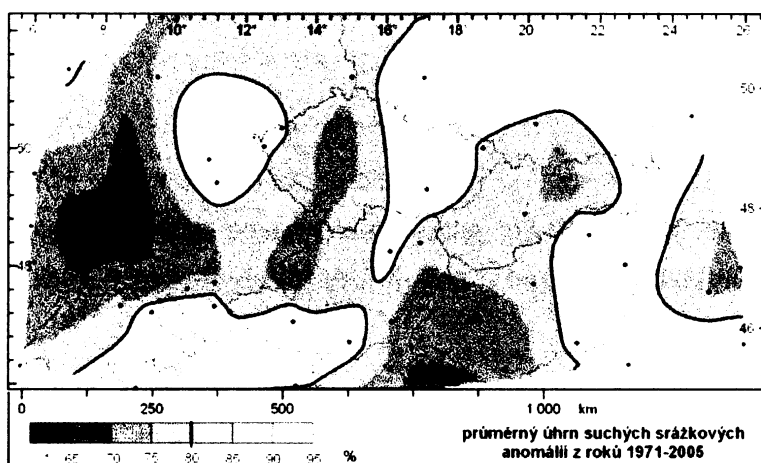
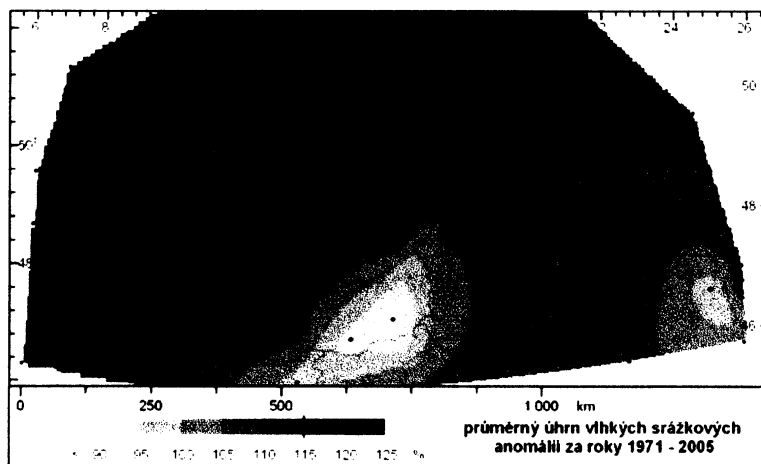
### 3.7 Vývoj relativních srážkových úhrnů za celé roky



#### Obrázky a grafy na této straně:

- 3.7.1 Vývoj srážkových úhrnů
- 3.7.2 Podíl překročení prahů
- 3.7.3 Průměr vlhkých anomálií
- 3.7.4 Průměr suchých anomálií

Na časové řadě relativních srážkových úhrnů pro celé roky (3.7.1) převažuje počet vlhkých anomálií (6) nad suchými (2). Všechny se udály první třetině nebo poslední čtvrtině časové řady. Grafy překračování prahových (3.7.2) hodnot jsou na většině stanic vyrovnané. Protože obr. 3.7.3 zachycuje průměrný úhrn srážek ze všech vlhkých anomálií, lze říci, že jejich výskyt zasahuje celou oblast, na severu a severozápadě s místy více extrémnějšími nebo častějšími úhrny. Suché anomálie (3.7.4) pokrývají celou sledovanou oblast.



#### 4. Souhrnné zhodnocení

---

##### Vlhké srážkové anomálie

- Téměř polovina z nich je přibližně z prvního desetiletí, zatímco druhá polovina až zase v posledním desetiletí časové řady.
- Plošně nejintenzivnější jsou podzimní, které zasahují spojitě většinu středoevropského prostoru, naopak letní vlhka jsou v prostoru nejméně výrazné, vždy rozštěpené do několika celků a doprovázeny i oblastmi suchými.
- Nejvyšší maxima jsou na jaře.
- V souhrnu (plošně i intenzitou) byl největší vlhkou srážkovou anomálií podzim 1978.

##### Suché srážkové anomálie

- Sedm z patnácti jich je v posledním dvanáctiletí, pět v prvním desetiletí časové řady.
- Během letních such je postižena rovnoměrně vždy celá oblast ale slabě, jen kolem 50 % dlouhodobého průměru. Naopak prostor suchých anomálií v zimě má vždy i jádro s extrémně nízkým úhrnem až pod 20% průměru.
- Největších minim (relativních úhrnu) dosahují zimy.
- V souhrnu (plošně i intenzitou) byla největší suchou srážkovou anomálií zima 1972/73.

Souvislost mezi rozmístěním jednotlivých anomálií, suchých i vlhkých nebyla nalezena.

Z pohledu půlroční analýzy v teplém půlroce suché i teplé anomálie pokrývají většinu území, ale jsou mnohem méně častější než v chladném. V chladném půlroce se anomálie koncentrují do západní poloviny střední Evropy (na severozápad suché, na jihozápad vlhké). Celoroční analýza vyobrazuje pouze souhrn nejextrémnějších případů z teplých a chladných půlroků.

Při hodnocení podmíněnosti výkyvů srážkových úhrnů tlakovými útvary nad střední Evropou dochází Cahynová (2004) k závěru, že *v teplém půlroce nejsou srážky výrazně ovlivněny atmosférickou cirkulací a na významu nabývají především místní srážky konvektivního původu. V chladné části roku jsou srážky ve střední Evropě částečně projevem zonální cirkulace, avšak prostorově jen omezeně v Maďarsku, částečně Česku, Rakousku a Slovensku.*



## 5. Závěr.

---

Práce představila metodiku odchylek od průměru, pomocí níž v časové řadě vybraných stanic pro centrální Evropu detekovala anomální srážkové úhrny pro jednotlivá roční období. Tak byly pro každé roční období nalezeny 3-4 vlhké a suché anomálie a vyobrazeny pomocí interpolace „přirozených sousedů“ v ArcGIS (ESRI).

Pokud se na tyto anomálie budeme dívat pouze jako prvky v grafu časové řady lze odhadnout souvislosti, že zvýšená četnost jejich výskytů se po přibližně desetiletém období opakuje. V časovém úseku této práce se jedná o přelom 70. a 80. let 20.stol a přelom druhého tisíciletí, přičemž v porovnání těchto období došlo v pozdějším z nich k nárůstu počtu extrémů.

Podíváme-li se na jednotlivé anomálie jako prostorově umístěný celek, je každá z nich jedinečným útvarem se specifickým vertikálním i plošným charakterem, který je důsledkem dynamiky atmosféry během ročních období. Ve třicetiletém sledovaném období pokryly anomálie rovnoměrně celé území centrální Evropy, ovšem bez vzájemných souvislostí v jejich lokalizaci.

Tato práce zachycuje především plošné a dlouhodobé srážkové anomálie, které mohou mít na přírodní a sociální sféru negativní vliv tím, že postihují většinu území a poměrně dlouhou dobu (roční období). Katastrofální následky mívají často také intenzivní lokální krátkodobé extrémy, které v tomto časovém i prostorovém měřítku práce vyobrazeny nejsou. S dostatečně hustou reprezentativní sítí stanic a kvalitou naměřených dat však lze takovýmto jednoduchým postupem nebo ještě přesnější analýzou v rastrech gridovaných úhrnů srážek hodnotit anomální stavy pro libovolná území. Je možné, že se zvětšováním měřítka zkoumaného prostoru, bude i rozmístění anomálií vzájemnými průniky nabývat podobnějšího charakteru. V rámci centrální Evropy a měřítka této práce tomu však není a jejich umístění v prostoru je nezávislé a náhodné.

## 6. Seznam grafických a tabulkových příloh

---

### **Grafické přílohy:**

- 2.1.1 Srážkoměr (foto)
- 2.1.2 Ombrogram (foto)
  
- 2.2.1 Matematická poloha vybraných stanic (graf)
- 2.2.2 Nadmořská výška vybraných stanic (graf)
  
- 2.3.1 Rozložení hodnot relativních srážkových úhrnů pro roční období (graf)
  
- 2.4.1 Vliv nadmořské výšky na rozptyl odchylek od průměru v létě (graf)
  
- 2.5.1 Interpolační techniky ArcGIS (ESRI)
- 2.5.2 Přesnost vybraných čtyř interpolací ArcGIS
  
- 3.1.1 Překročení prahových hodnot (jaro)
- 3.1.2 Vývoj jarních srážkových úhrnů (graf)
- 3.1.3 Dosažená maxima (jaro)
- 3.1.4 Dosažená minima (jaro)
- 3.1.5 Vlhká srážkové anomálie na jaře 1983
- 3.1.6 Vlhká srážkové anomálie na jaře 1994
- 3.1.7 Vlhká srážkové anomálie na jaře 2001
- 3.1.8 Suchá srážkové anomálie na jaře 1976
- 3.1.9 Suchá srážkové anomálie na jaře 1993
- 3.1.10 Suchá srážkové anomálie na jaře 1997
- 3.1.11 Suchá srážkové anomálie na jaře 2003
  
- 3.2.1 Překročení prahových hodnot (léto)
- 3.2.2 Vývoj jarních srážkových úhrnů (graf)
- 3.2.3 Dosažená maxima (léto)
- 3.2.4 Dosažená minima (léto)
- 3.2.5 Vlhká srážkové anomálie v létě 1972
- 3.2.6 Vlhká srážkové anomálie v létě 1977
- 3.2.7 Vlhká srážkové anomálie v létě 2002
- 3.2.8 Vlhká srážkové anomálie v létě 2005
- 3.2.9 Suchá srážkové anomálie v létě 1976
- 3.2.10 Suchá srážkové anomálie v létě 1983
- 3.2.11 Suchá srážkové anomálie v létě 2003
  
- 3.3.1 Překročení prahových hodnot (podzim)
- 3.3.2 Vývoj jarních srážkových úhrnů (graf)
- 3.3.3 Dosažená maxima (podzim)
  
- 3.3.4 Dosažená minima (podzim)
- 3.3.5 Vlhká srážkové anomálie na podzim 1974
- 3.3.6 Vlhká srážkové anomálie na podzim 1981
- 3.3.7 Vlhká srážkové anomálie na podzim 1998
- 3.3.8 Vlhká srážkové anomálie v létě 2002
- 3.3.9 Suchá srážkové anomálie na podzim 1976
- 3.3.10 Suchá srážkové anomálie na podzim 1982
- 3.3.11 Suchá srážkové anomálie na podzim 1986
- 3.3.12 Suchá srážkové anomálie na podzim 2005
  
- 3.4.1 Překročení prahových hodnot (zima)
- 3.4.2 Vývoj jarních srážkových úhrnů (graf)
- 3.4.3 Dosažená maxima (zima)
- 3.4.4 Dosažená minima (zima)
- 3.4.5 Vlhká srážkové anomálie v zimě 1977-78
- 3.4.6 Vlhká srážkové anomálie v zimě 1979-80
- 3.4.7 Vlhká srážkové anomálie v zimě 1988-89
- 3.4.8 Vlhká srážkové anomálie v zimě 1995-96
- 3.4.9 Suchá srážkové anomálie v zimě 1972-73
- 3.4.10 Suchá srážkové anomálie v zimě 1975-76
- 3.4.11 Suchá srážkové anomálie v zimě 1998-99
- 3.4.12 Suchá srážkové anomálie v zimě 1996-97
  
- 3.5.1 Vývoj srážkových úhrnů (teplý půlrok, graf)
- 3.5.2 Podíl překročení prahů (teplý půlrok)
- 3.5.3 Průměr vlhkých anomálií (teplý půlrok)
- 3.5.4 Průměr suchých anomálií (teplý půlrok)
  
- 3.6.1 Vývoj srážkových úhrnů (chladný půlrok, graf)
- 3.6.2 Podíl překročení prahů (chladný půlrok)
- 3.6.3 Průměr vlhkých anomálií (chladný půlrok)
- 3.6.4 Průměr suchých anomálií (chladný půlrok)
  
- 3.7.1 Vývoj srážkových úhrnů (roční, graf)
- 3.7.2 Podíl překročení prahů (roční)
- 3.7.3 Průměr vlhkých anomálií (roční)
- 3.7.4 Průměr suchých anomálií (roční)

*(V práci je celkem 66 grafických příloh,  
z toho 44 klimagramů, 11 grafů, 7 kartodiagramů,  
2 fotografie a 2 přehledy interpolací.)*

### **Tabulkové přílohy**

- 2.1.1 Přehled vybraných stanic
- 2.3.1 Stupnice pro posouzení charakteru srážkových úhrnů
- 2.3.2 Hodnocení srážkových poměrů pravděpodobností překročení násobku směrodatné odchylky
- 2.4.1 Závislost odchylek od průměru na nadmořské výšce a jejich rozptylu na nadmořské výšce

## 7. Literatura a použité zdroje:

---

BRÁZDIL, R. (2002): **Meteorologické extrémy a povodně v České republice – Přirozený trend nebo následek globálního oteplování?** (<http://www.kar.zcu.cz/texty/Brazdil2002.htm>)

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O. (2001): **Současná historická klimatologie a možnosti jejího využití v historickém výzkumu.** (<http://www.kar.zcu.cz/texty/Brazdil-Kotzya2001.htm>)

CAHYNOVÁ (2004): **Severoatlantická oscilace a její vliv na teplotní a srážkové poměry střední Evropy.** UK – Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, diplomová práce.

DYKAST, J., KAMENÍK, M., NĚMEC, L., REINHARTOVÁ, J., SLÁDEK, I., ŠTEKL, J., VANIČEK, K. (1988): **Zpracování klimatologických informací.** ČHMÚ, Praha, str.167.

NOSEK, M. (1972): **Metody v klimatologii.** Academia, Praha, 433 str.

C.-D. SCHÖNWIESE, J. GREISER, S TRÖMEL: **Secular change of extreme monthly precipitation in Europe.** Theoretical and Applied Climatology, Volume 75, Numbers 3-4, p 245 - 250, September 2003.

SOKOL, Z. ŘEZÁČOVÁ, D., PEŠICE, P. (Ústav fyziky atmosféry AV ČR): **Odhad bodových i plošných srážek s využitím srážkoměrných a radarových dat.** Meteorologické zprávy, ročník 53, číslo 1, 2003.

STŘÍŽ, M. (2001): **Nástroje pro prostorovou analýzu srážek v GIS.** VŠB – Technická univerzita Ostrava. Institut ekonomiky a řízení systému, diplomová práce. ([http://gis.vsb.cz/GISacek/GISacek\\_2001/sbornik/sbornik.htm](http://gis.vsb.cz/GISacek/GISacek_2001/sbornik/sbornik.htm))

### Zahraniční internetové portály:

**Anglický výkladový slovník pro meteorologii:** <http://www.weatherdictionary.com/>

**Internetový diskusní portál pro meteorologii a klimatologii:** <http://www.talkweather.com/>

**Weather prediction education:** <http://www.theweatherprediction.com/>

### Zdroje dat:

**Deutscher Wetterdienst Datenservices:** <http://www.dwd.de/>

**National Climatic Data Center:** <http://dss.ucar.edu/datasets/ds570.0/>

### Stránky výrobců požitého software:

**ArcGIS (ESRI):** [www.esri.com](http://www.esri.com)

**MS Excel (Microsoft):** [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)