

Analýza teplotních řad ČR

Petr Štěpánek

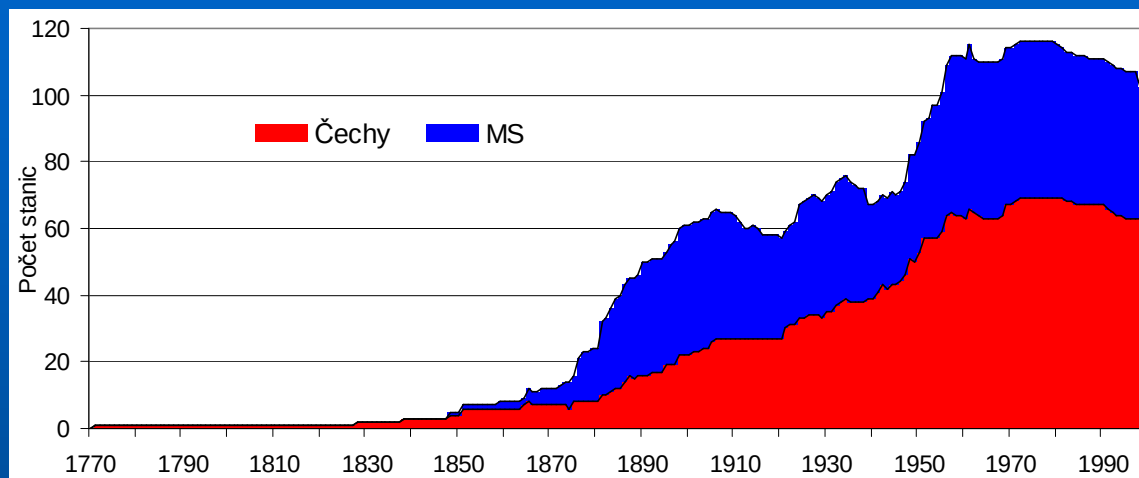
Czech Hydrometeorological Institute, regional office Brno

Počty stanic s homogenními měřeními 1771-2000

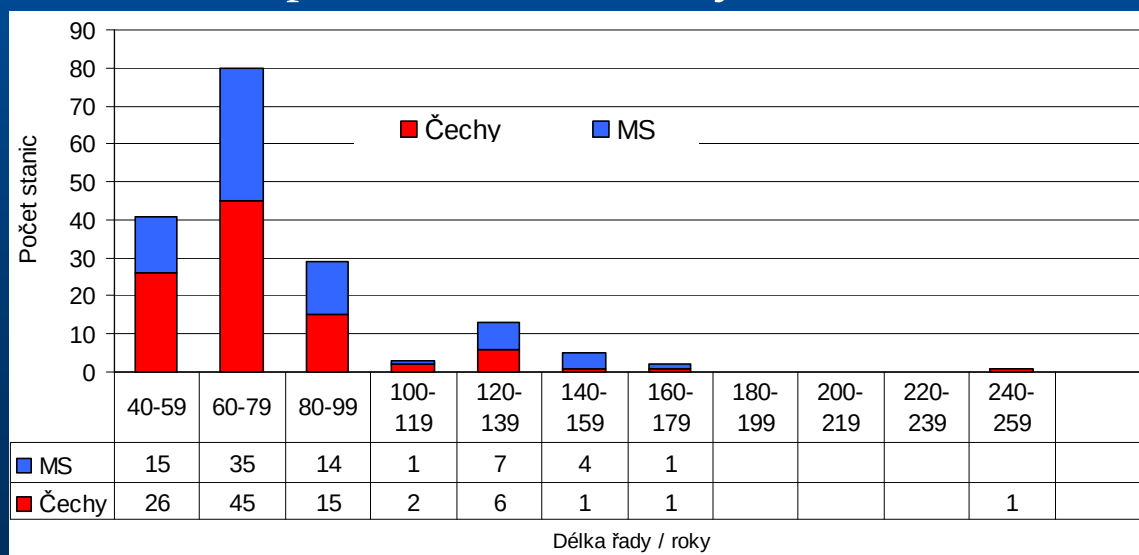
Charakteristika	ČR	Čechy	MS
Počet stanic po homogenizaci	174	97	77
Průměrná délka / roky	59.1	57.5	61.0
<i>Délka - medián / roky</i>	<i>50.0</i>	<i>50.0</i>	<i>50.0</i>
Průměrná vzdálenost nejbližší stanice / km	13.3	14.2	12.3
<i>Vzdálenosti nejbližších stanic - medián / km</i>	<i>12.8</i>	<i>14.4</i>	<i>11.3</i>
Průměrná vzdálenost všech stanic mezi sebou / km	208.3	200.3	218.3

Počty homogenních stanic

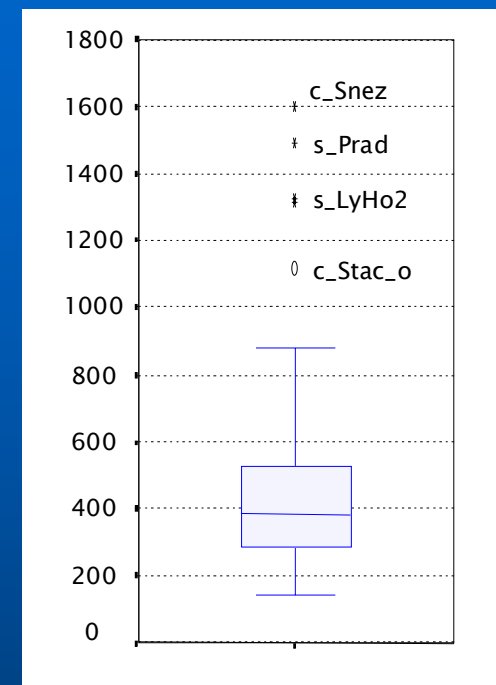
Počet stanic pro daný rok



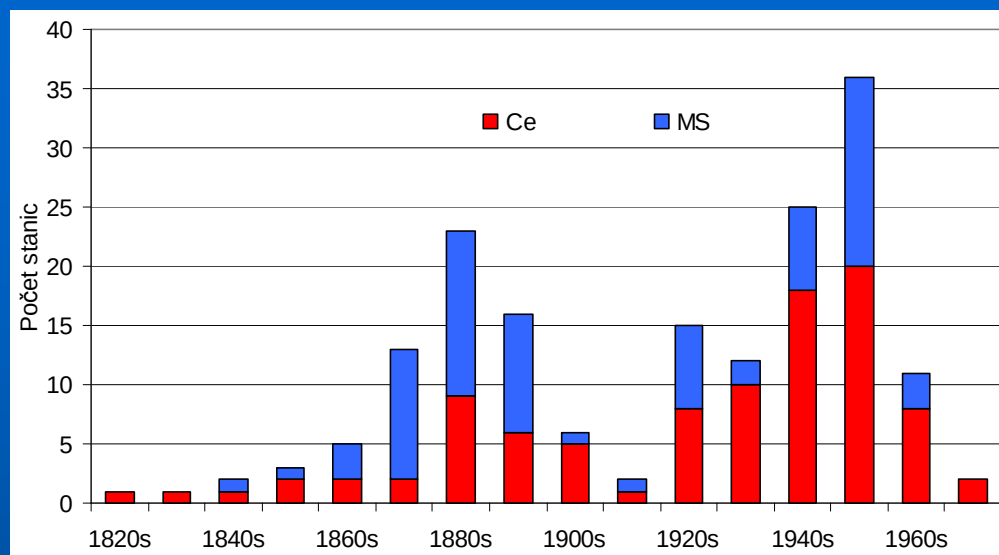
Počet stanic pro danou délku řady



Nadm. výška v m.n.m.

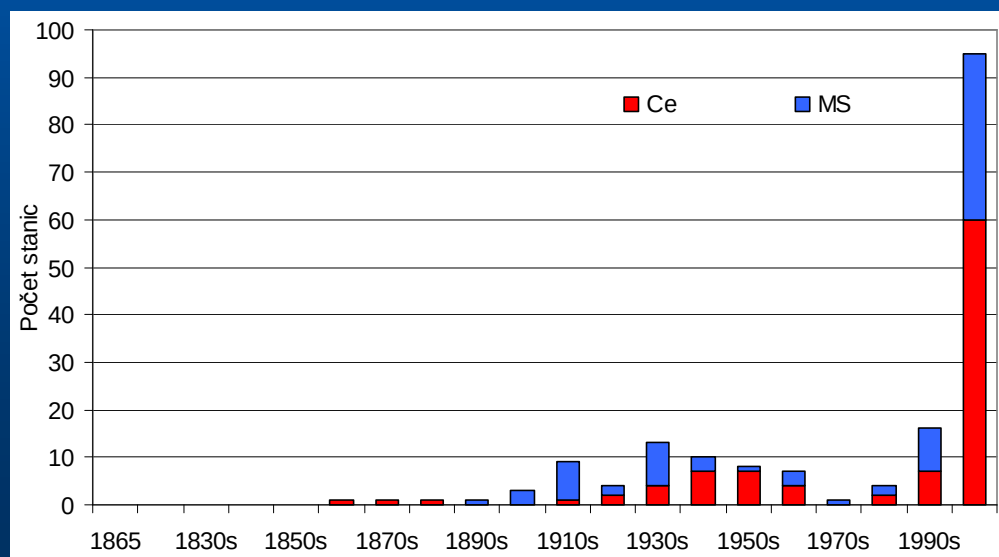


Počet stanic se začátkem v dané dekádě



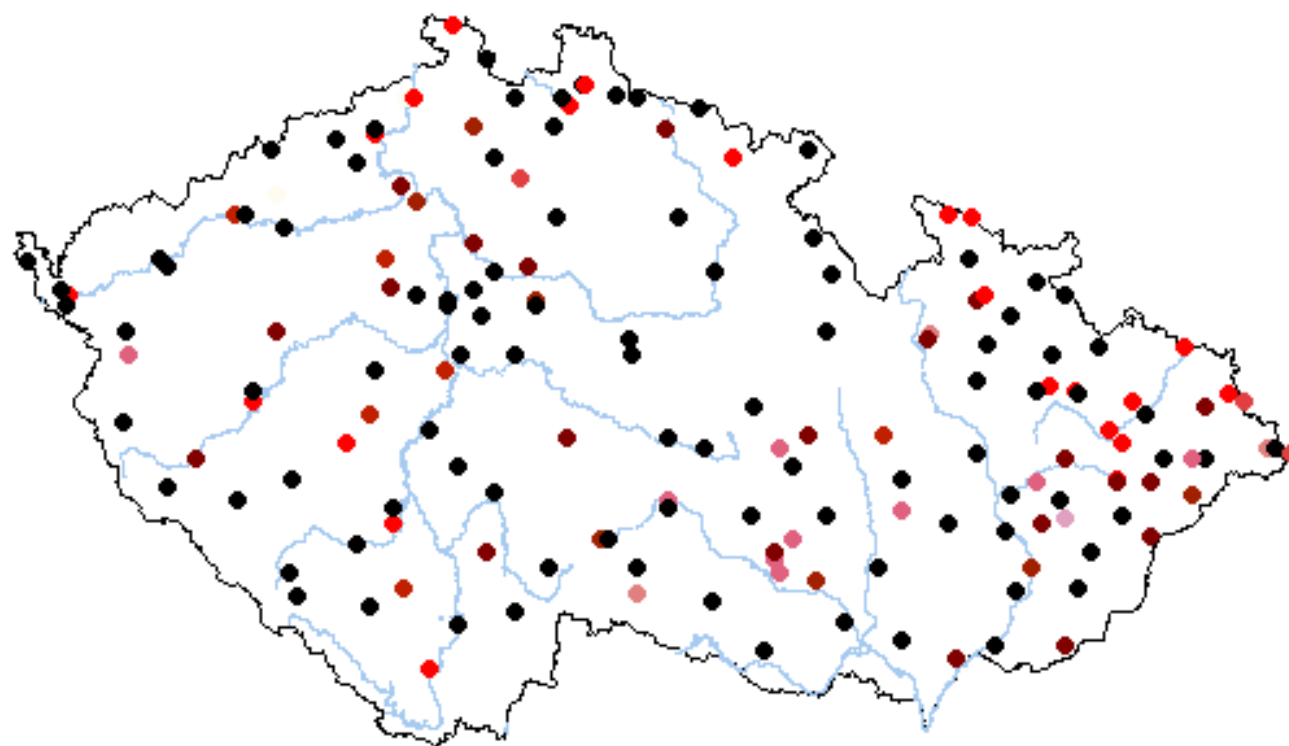
Rok	Počet
1876	5
1881	8
1890	4
1898	5
1921	4
1924	5
1941	4
1948	8
1950	4
1951	8
1953	5
1955	4
1956	8
1961	5

Počet stanic s koncem v dané dekádě

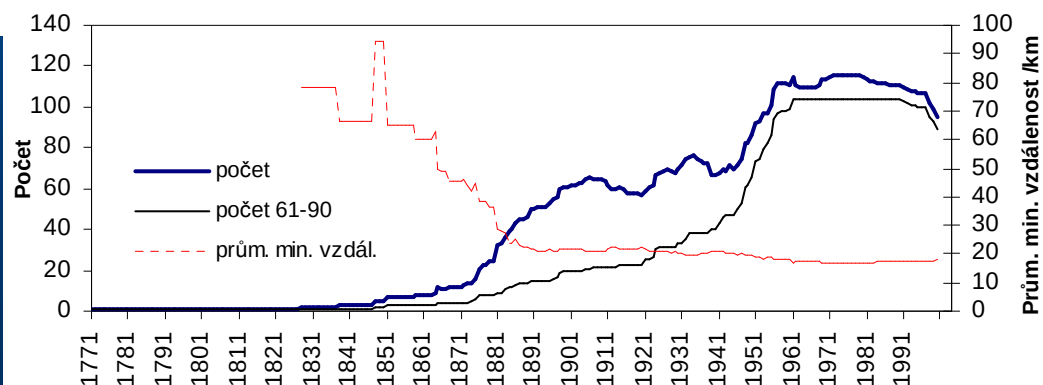
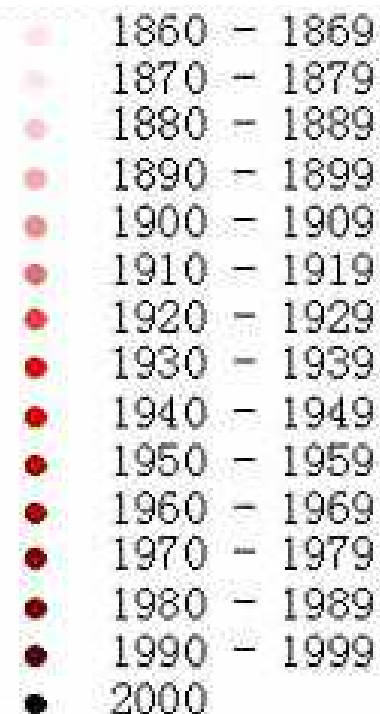


Rok	Počet
1938	7
1961	4
1997	5
1999	4
2000	95

Prostorové rozložení stanic ČR

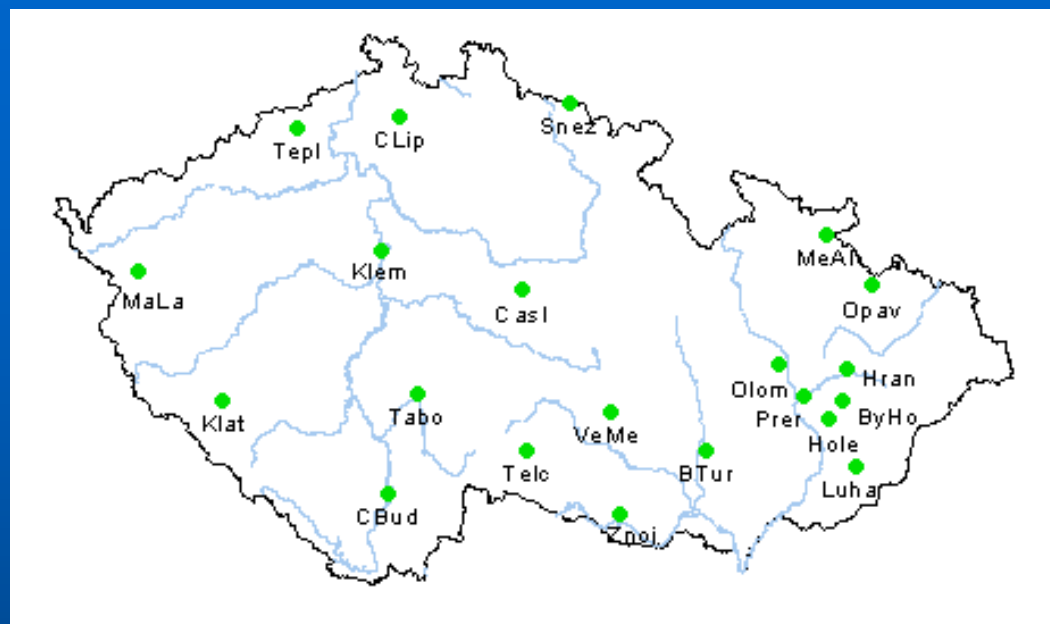


Konec měření:



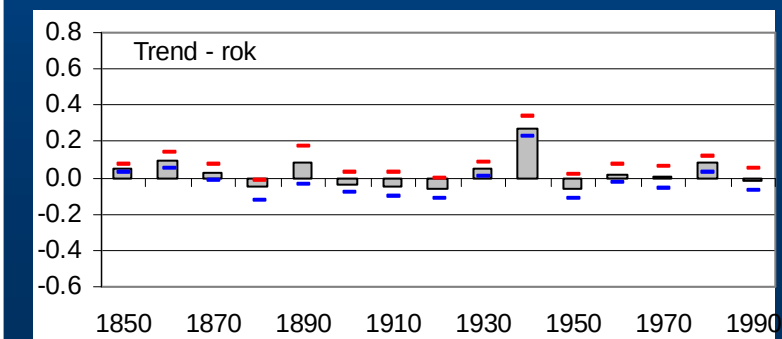
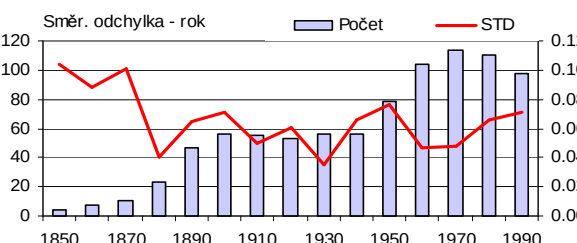
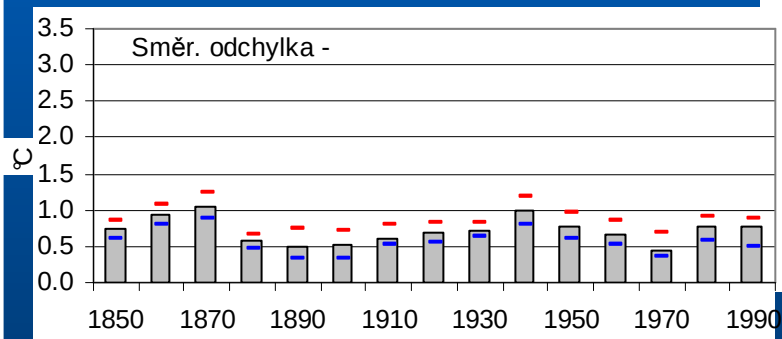
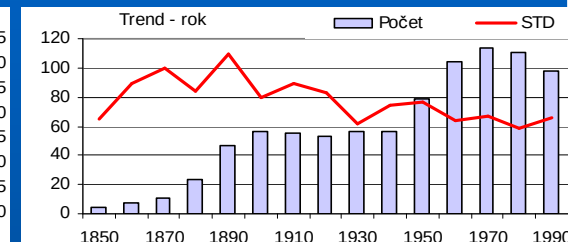
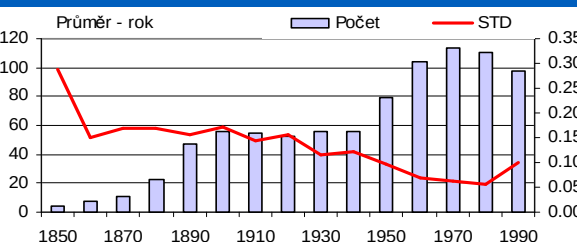
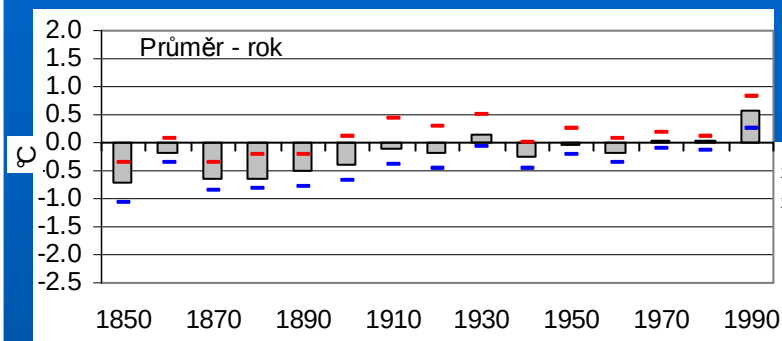
Prostorové rozložení stanic

100leté řady ČR



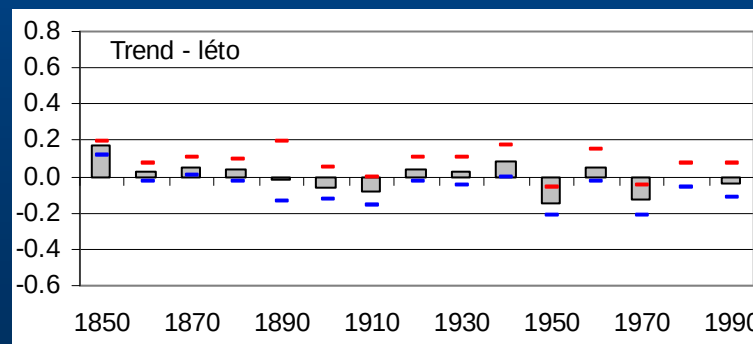
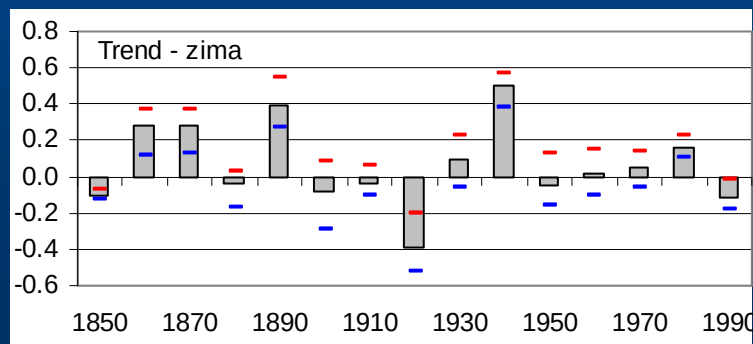
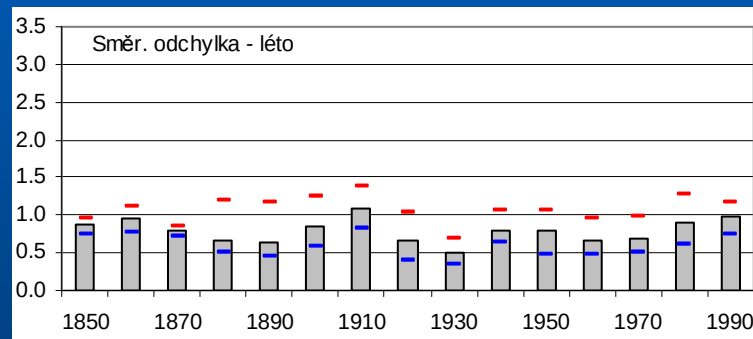
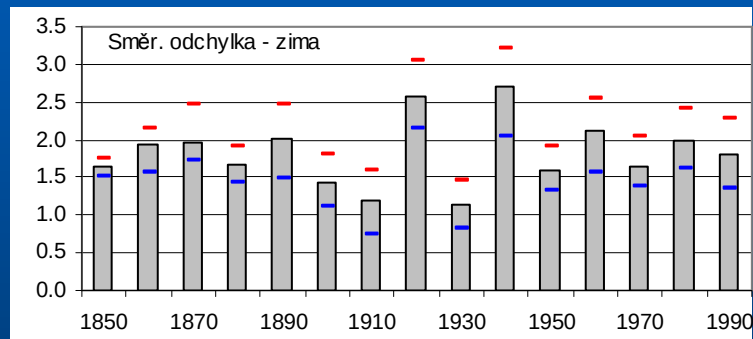
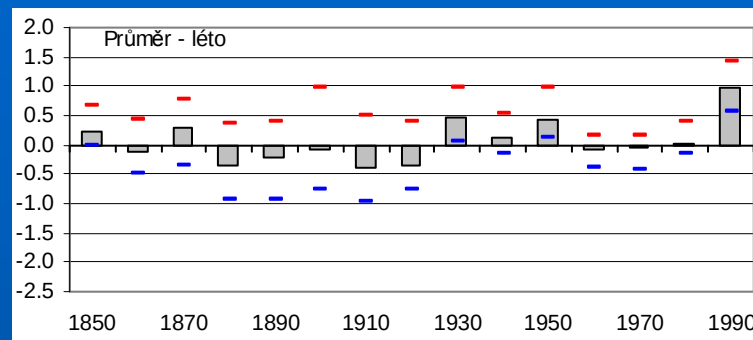
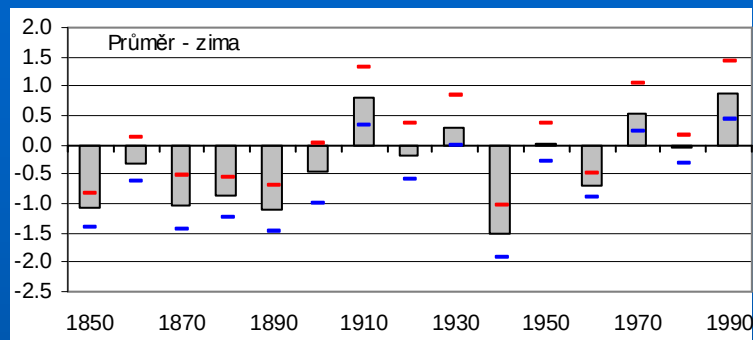
Čechy				Morava+Slezsko			
Stanice	Měření			Stanice	Měření		
	Začátek	Konec	Délka		Začátek	Konec	Délka
Čáslav (Casl)	1851	2000	150	Brno (BTur)	1848	2000	153
České Budějovice (CBud)	1887	2000	114	Bystřice pod Hostýnem (ByHo)	1865	2000	136
Česká Lípa (CLip)	1851	1962	112	Holešov (Hole)	1898	1999	102
Klatovy (Klat)	1898	2000	103	Hranice - Drahotuše (Hran)	1881	1997	117
Praha - Klementinum (Klem)	1771	2000	230	Luhačovice (Luha)	1896	2000	105
Mariánské Lázně (MaLa)	1884	2000	117	Město Albrechtice, Žáry (MeAl)	1899	2000	102
Sněžka (Snez)	1886	2000	115	Olomouc - Kláš. Hradiště (Olom)	1876	2000	125
Tábor (Tabo)	1875	2000	126	Opava (Opav)	1876	2000	125
Teplice - Šandov (Tepl)	1883	2000	118	Přerov (Prer)	1874	2000	127
				Telč - Kotnov (Telc)	1883	2000	118
				Velké Meziříčí (VeMe)	1897	2000	104
				Znojmo (Znoj)	1890	2000	111

Statistické charakteristiky, řady ČR, 10letí

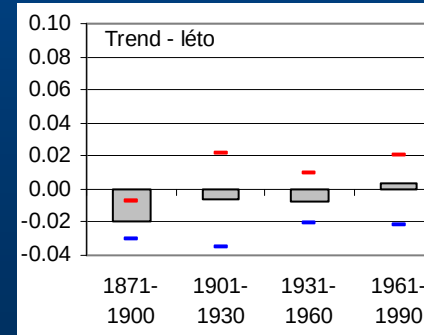
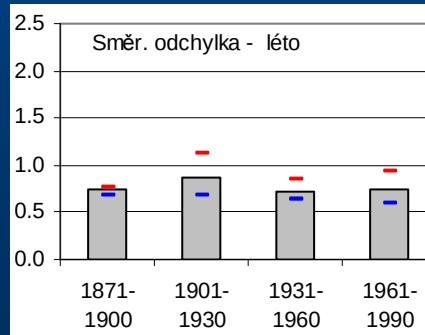
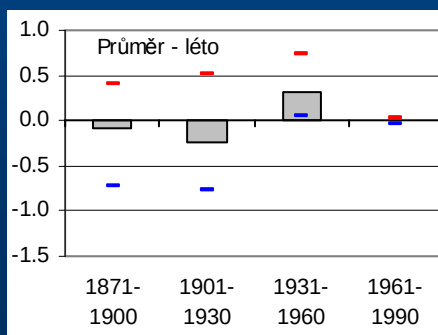
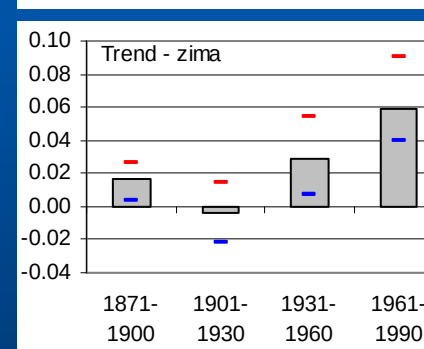
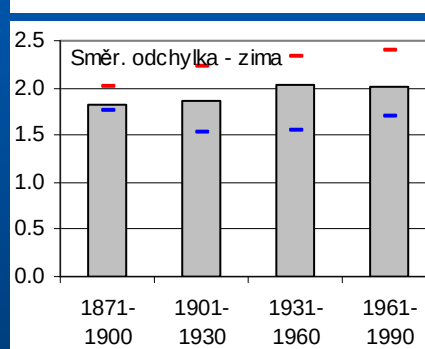
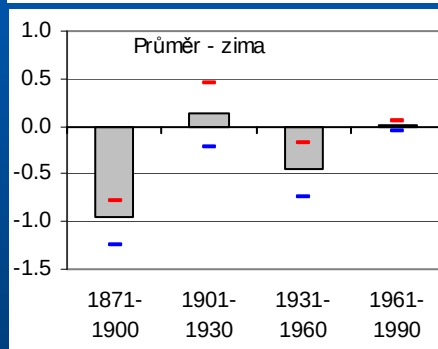
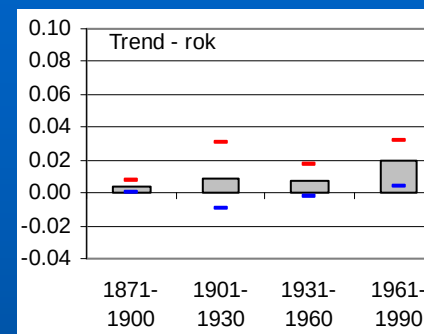
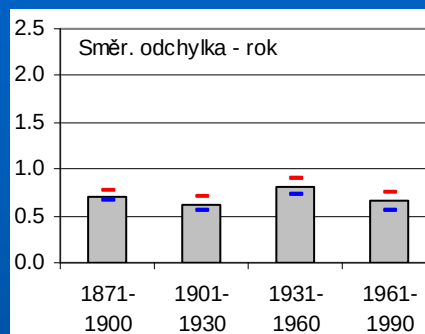
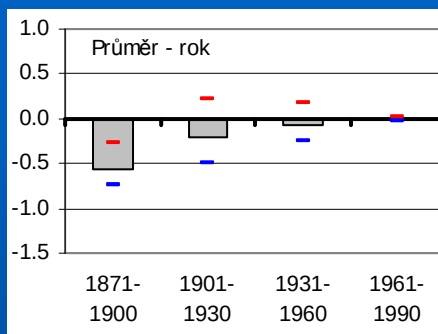


Počet a směrodatná odchylka počítaná z hodnot daných statistických charakteristik (průměr, směrodatná odchylka, lineární trend), v rámci daného desetiletí, pro roční teplotní průměry stanic v ČR. Na levé ose počet hodnot, na pravé ose hodnoty směrodatné odchylky ve °C

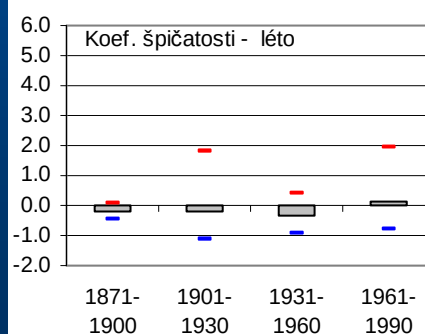
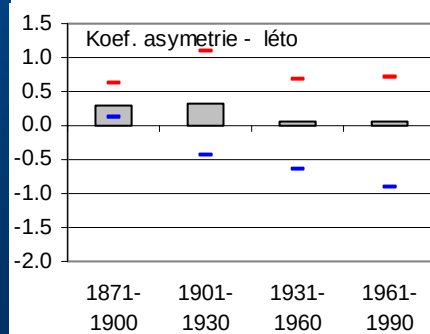
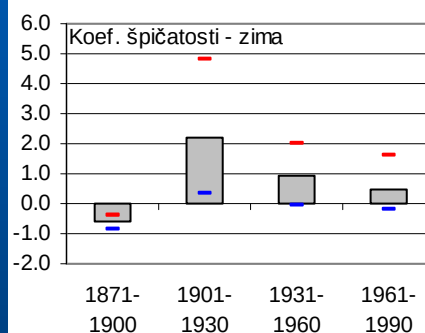
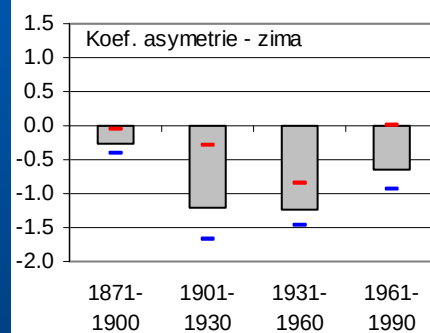
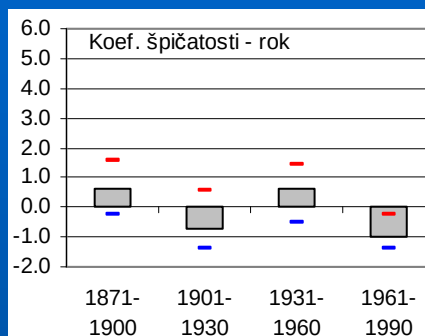
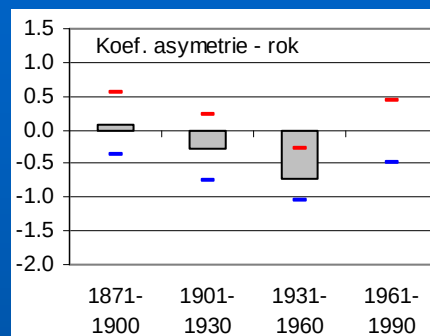
Statistické charakteristiky, řady ČR, 10tiletí



Statistické charakteristiky, řady ČR, 30letí

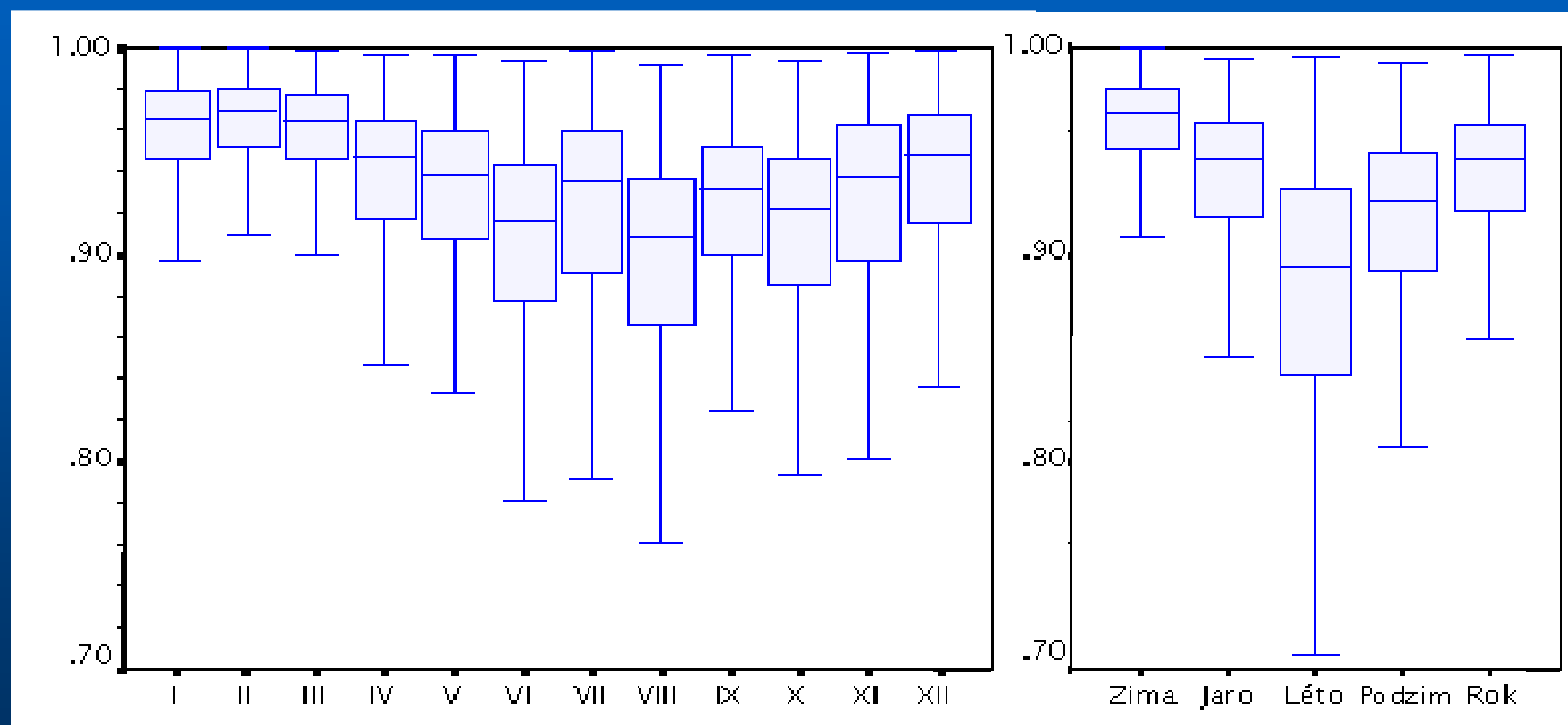


Statistické charakteristiky, řady ČR, 30tiletí



Box plot pro korelační koeficienty

v rámci ČR, 9187 hodnot pro každou kategorii



Korelační koeficienty

Korelační koeficienty mezi stanicemi ČR navzájem (alespoň 20 společných let), 9187 hodnot

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aritm. průměr	0,953	0,960	0,959	0,937	0,931	0,904	0,915	0,896	0,921	0,909	0,923	0,933

Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Aritm. průměr	0,960	0,937	0,879	0,916	0,936

Korelační koeficienty mezi stanicemi ČR a okolím ČR, 4526 hodnot

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aritm. průměr	0,885	0,896	0,880	0,819	0,816	0,780	0,837	0,735	0,805	0,791	0,790	0,854

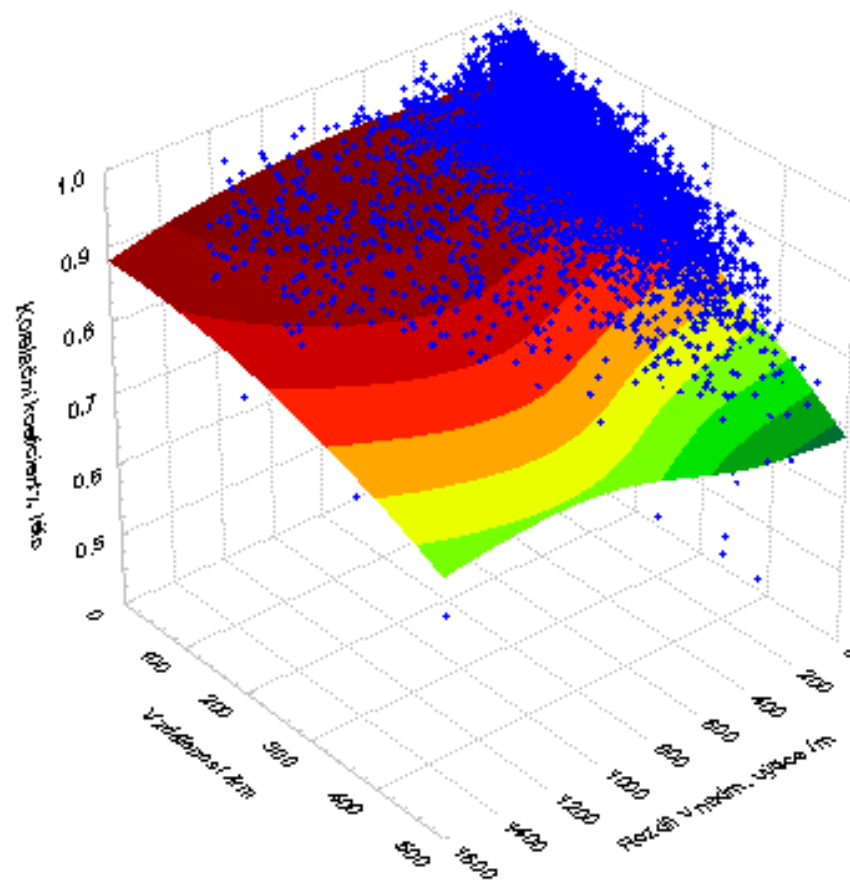
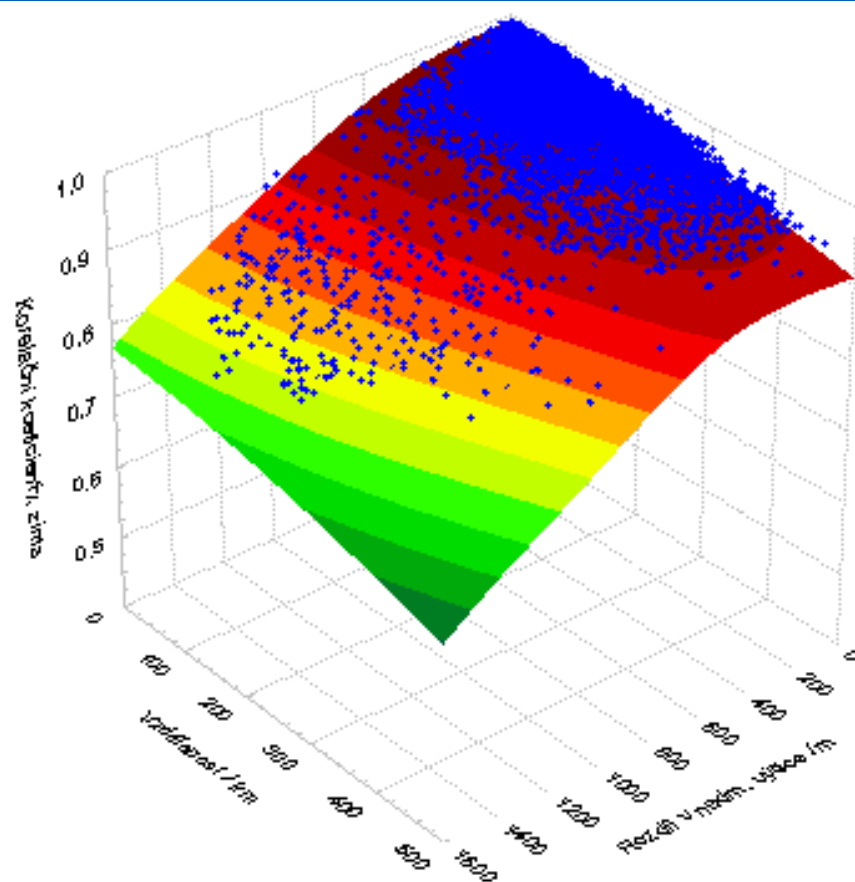
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Aritm. průměr	0,897	0,815	0,757	0,800	0,842

Prostorová analýza korelačních koeficientů

Závislost korelačních koeficientů pro průměrné teploty zimy a léta v ČR na **vzdálenosti** a rozdílu v **nadmořské výšce** daných dvojic stanic (8736 hodnot)

V zimě korelační koeficienty klesají se vzdáleností stanic pozvolna
závislost na rozdílu v nadmořské výšce stanic

V létě - proměnlivější, jejich pokles se vzdáleností je daleko rychlejší

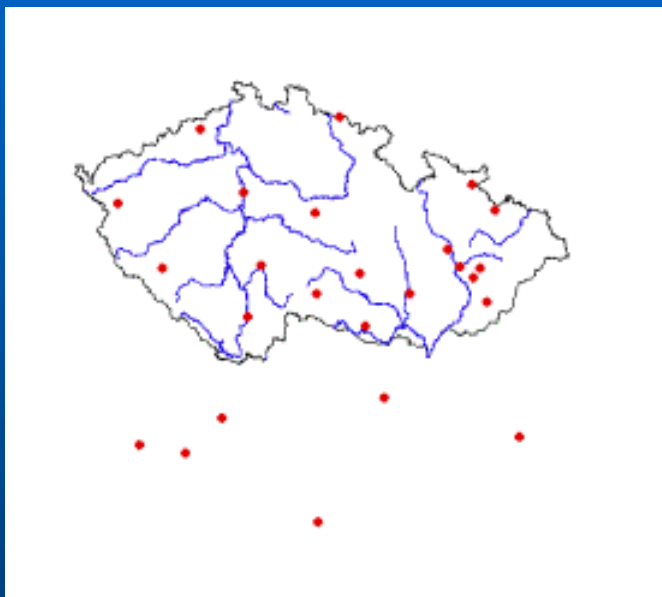


Vícenásobná regrese, závislost na vzdálenosti a rozdílu v nadmořské výšce

Koef. determinace	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim
	0.238	0.724	0.431	0.231	0.439

Extremity měsíčních průměrů teploty vzduchu

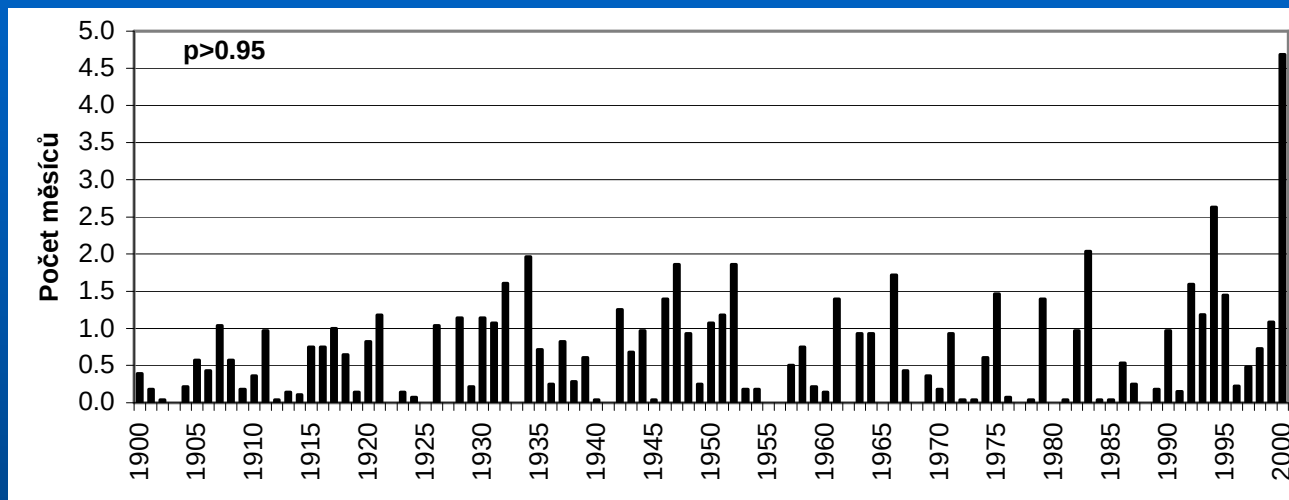
1900-1999, 28 stanic



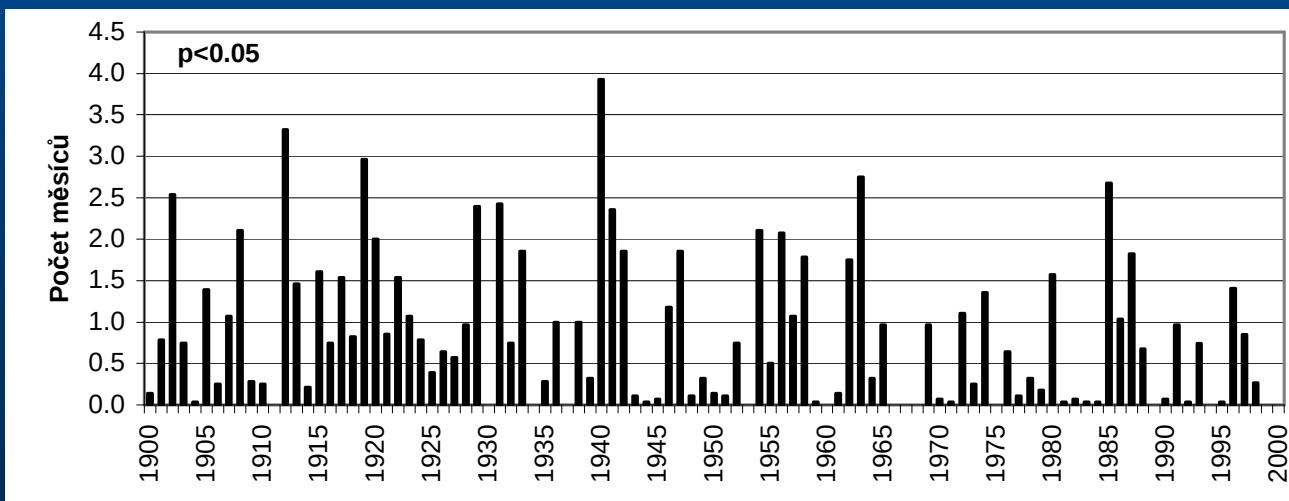
Extremita, 1900-1999, 28 stanic

Průměrný počet měsíců za rok překračující 0.95 nebo nedosahující 0.05 ND

2000
1994
1983

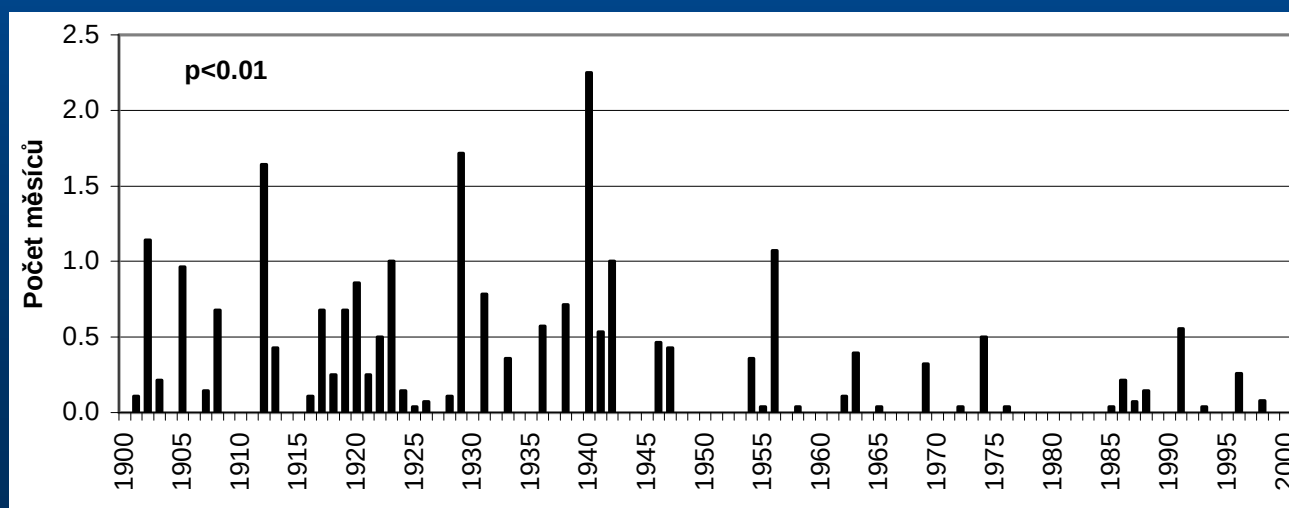
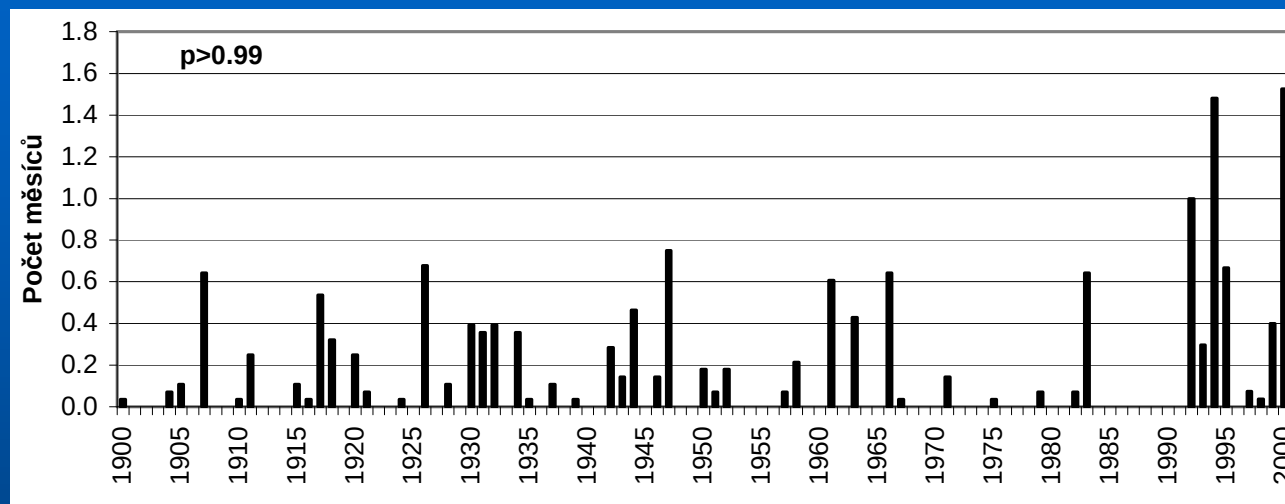


1912
1919
1940
1963
1985



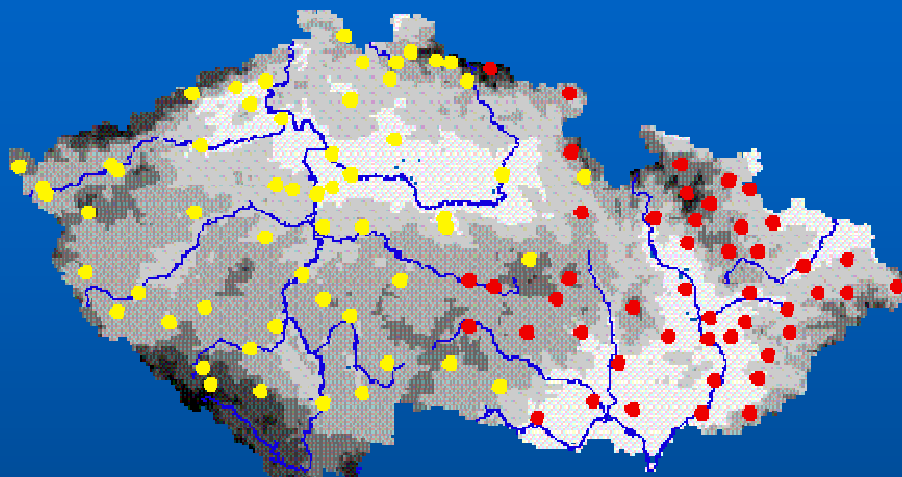
Extremita, 1990-1999, 28 stanic

Průměrný počet měsíců za rok překračující 0.99 nebo nedosahující 0.01 ND

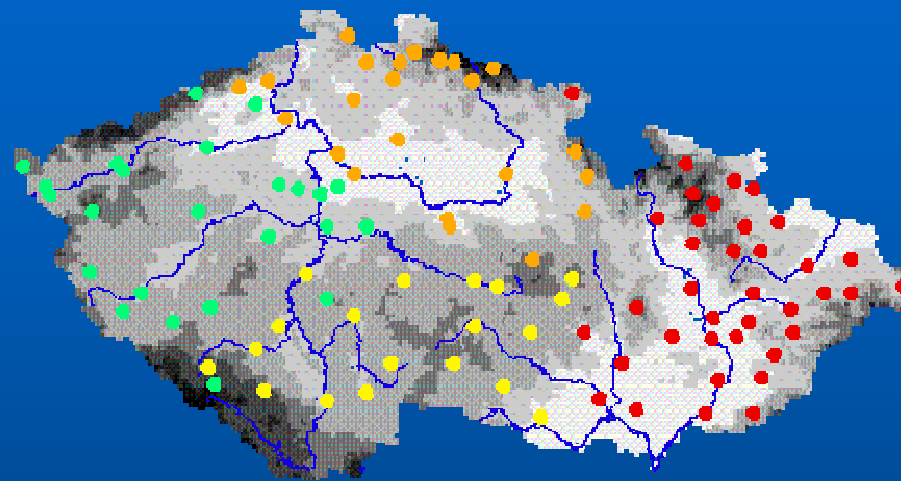


Shluková analýza, 1961-1990, standardizovaná data, teplý půlrok

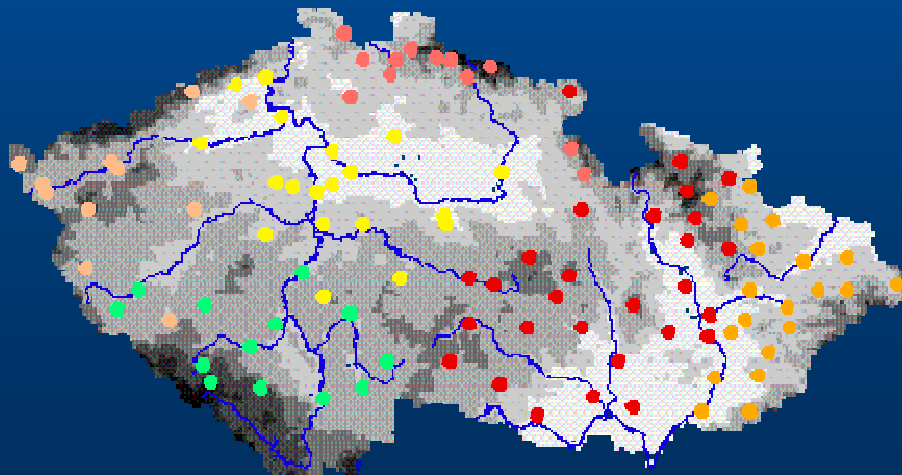
Letní půlrok
k=2



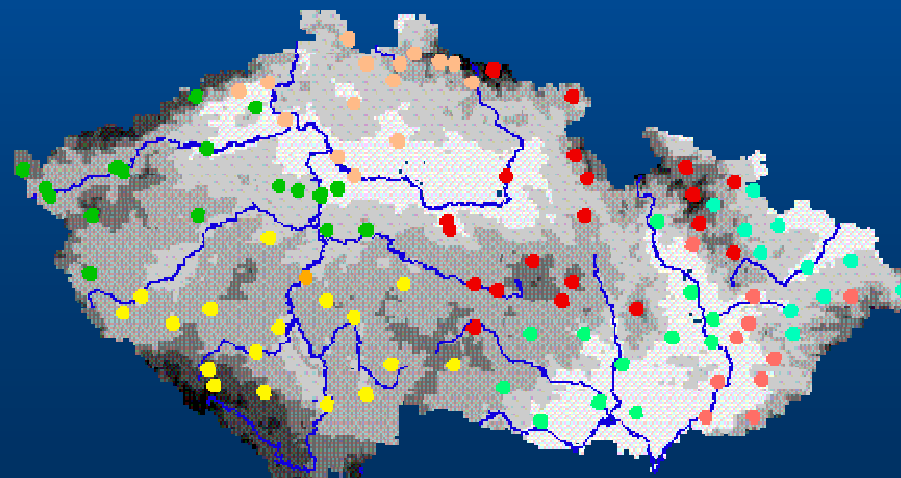
k=4



k=6



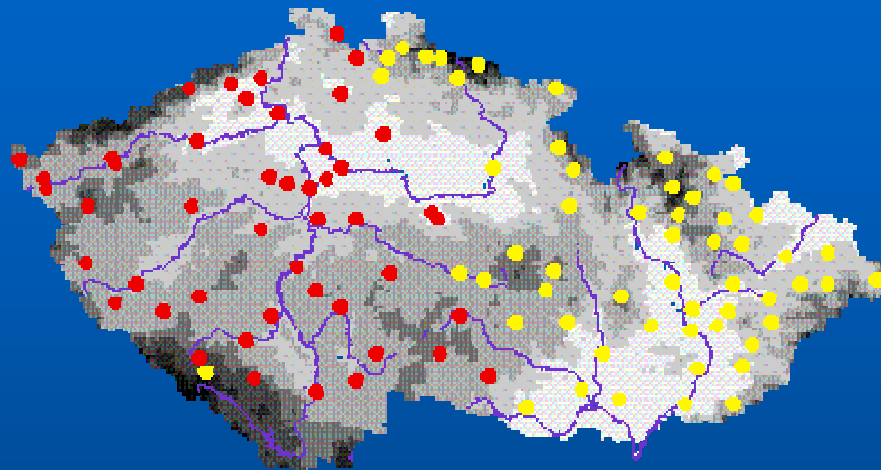
k=8



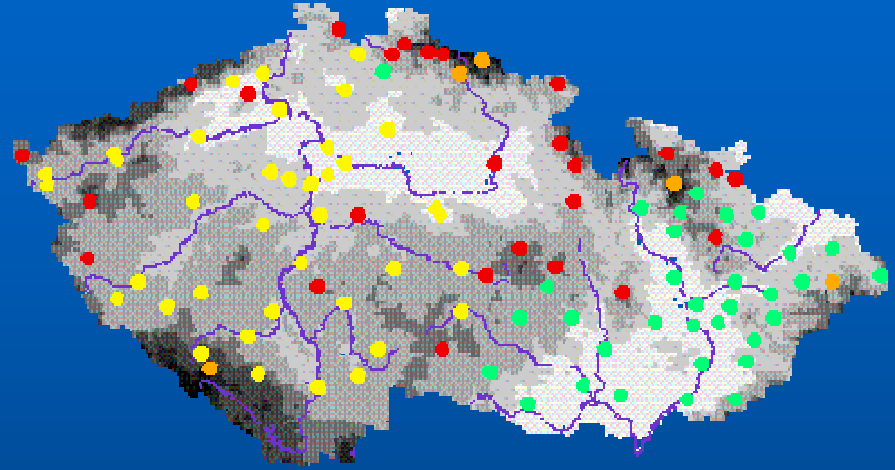
Shluková analýza, 1961-1990, standardizovaná data, chladný půlrok

Zimní půlrok

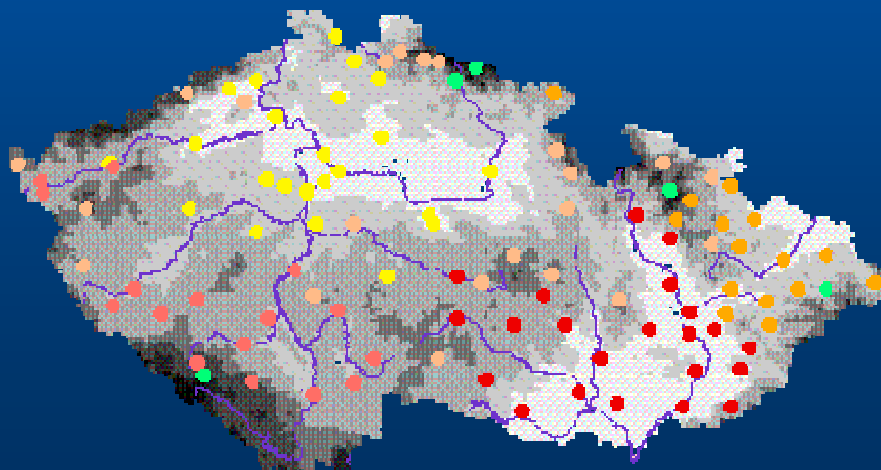
k=3



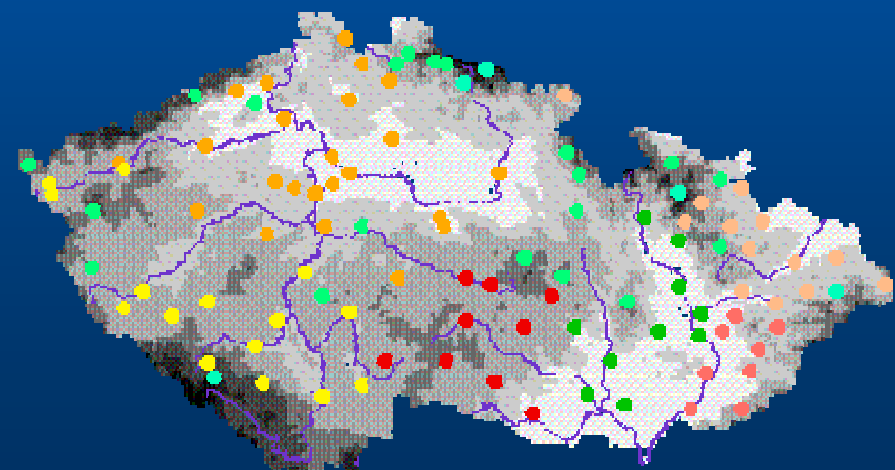
k=4



k=6



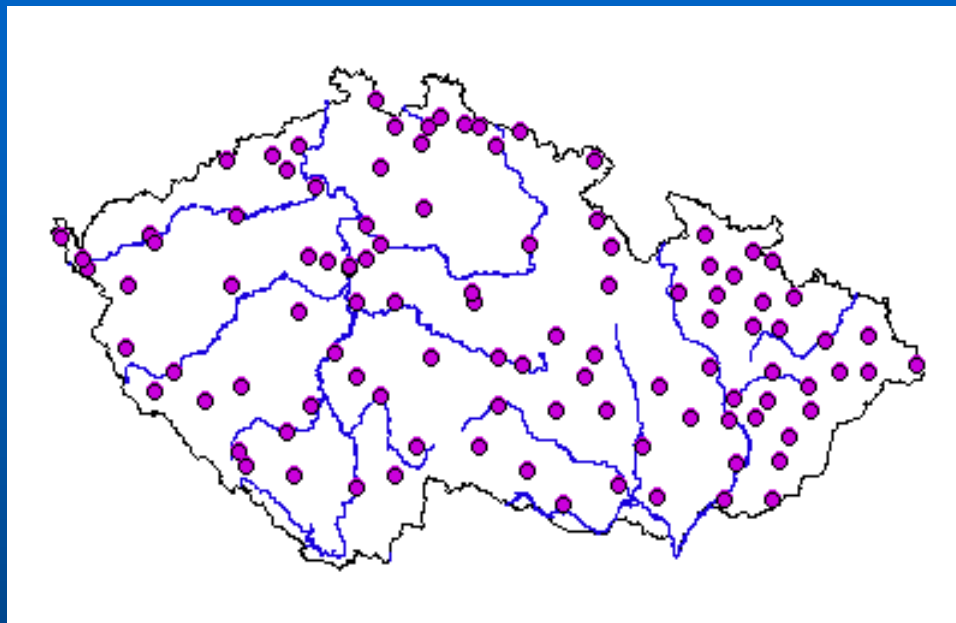
k=8



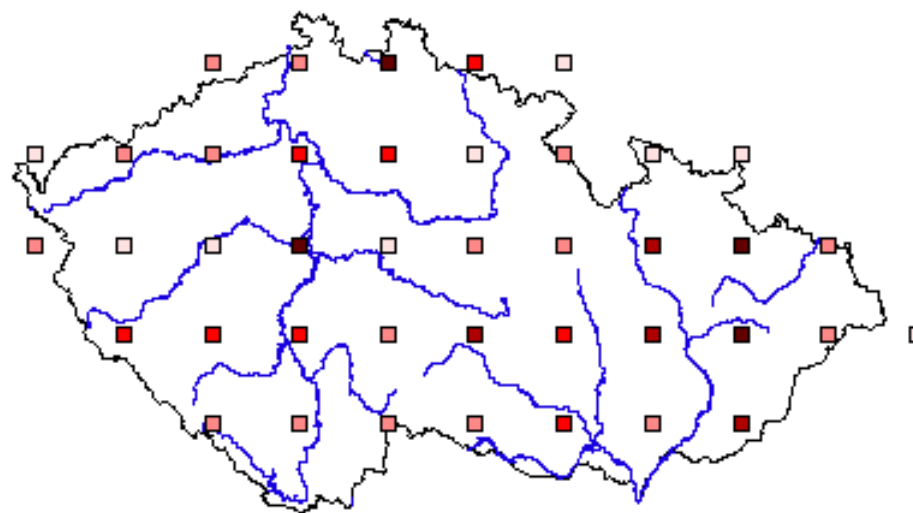
Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent

období 1961-1990



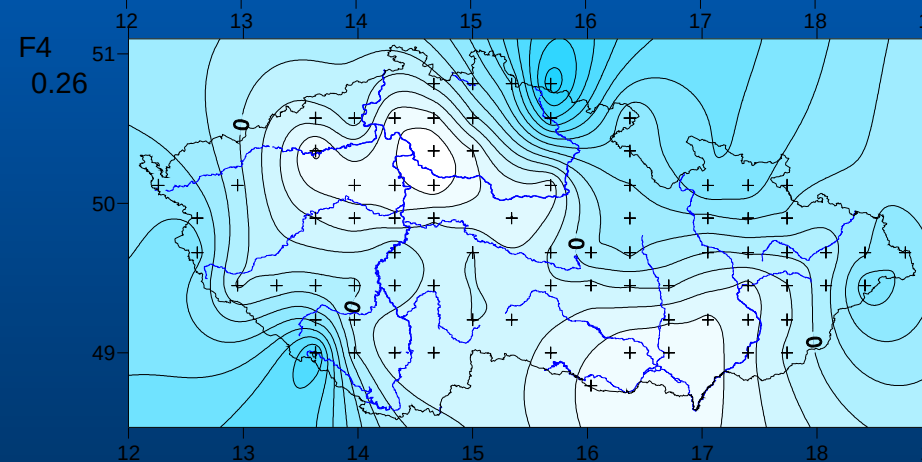
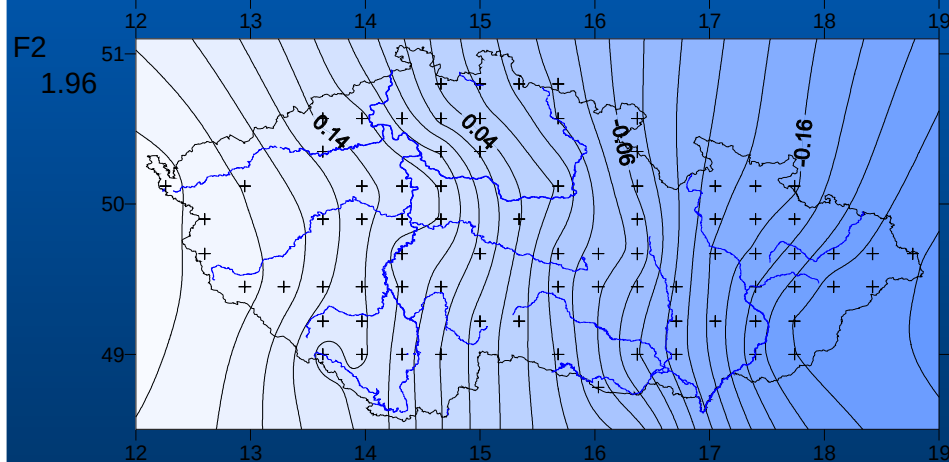
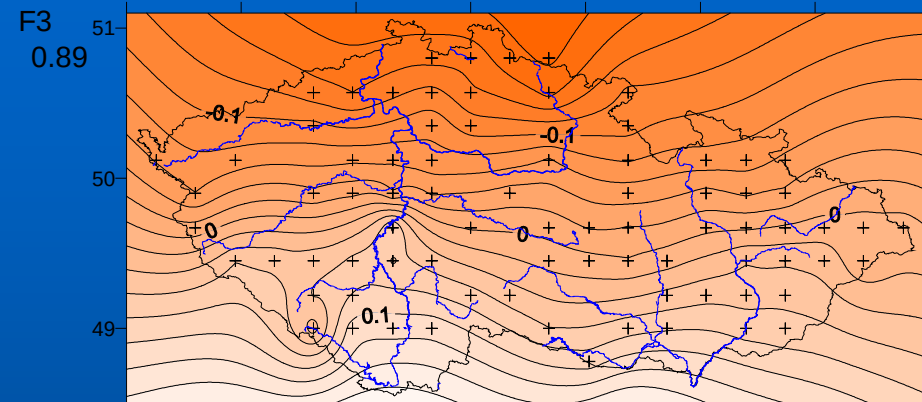
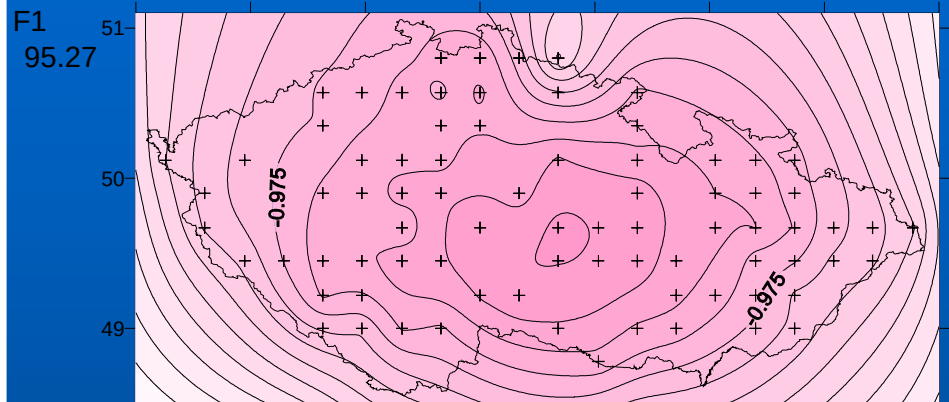
standardizace
převedení do
gridů



Analýza hlavních komponent,

všechny měsíce, data standardizovaná

Korelační koeficient F1 a AVG ČR: 0.943
první komponenta vyjadřuje pouze společnou variabilitu



Tab. 5.6. Prostorové korelační koeficienty mezi jednotlivými komponentními váhami a vybranými charakteristikami gridových bodů. Tučně jsou zvýrazněny korelační koeficienty překračující podle t-testu 0,05 hladinu významnosti

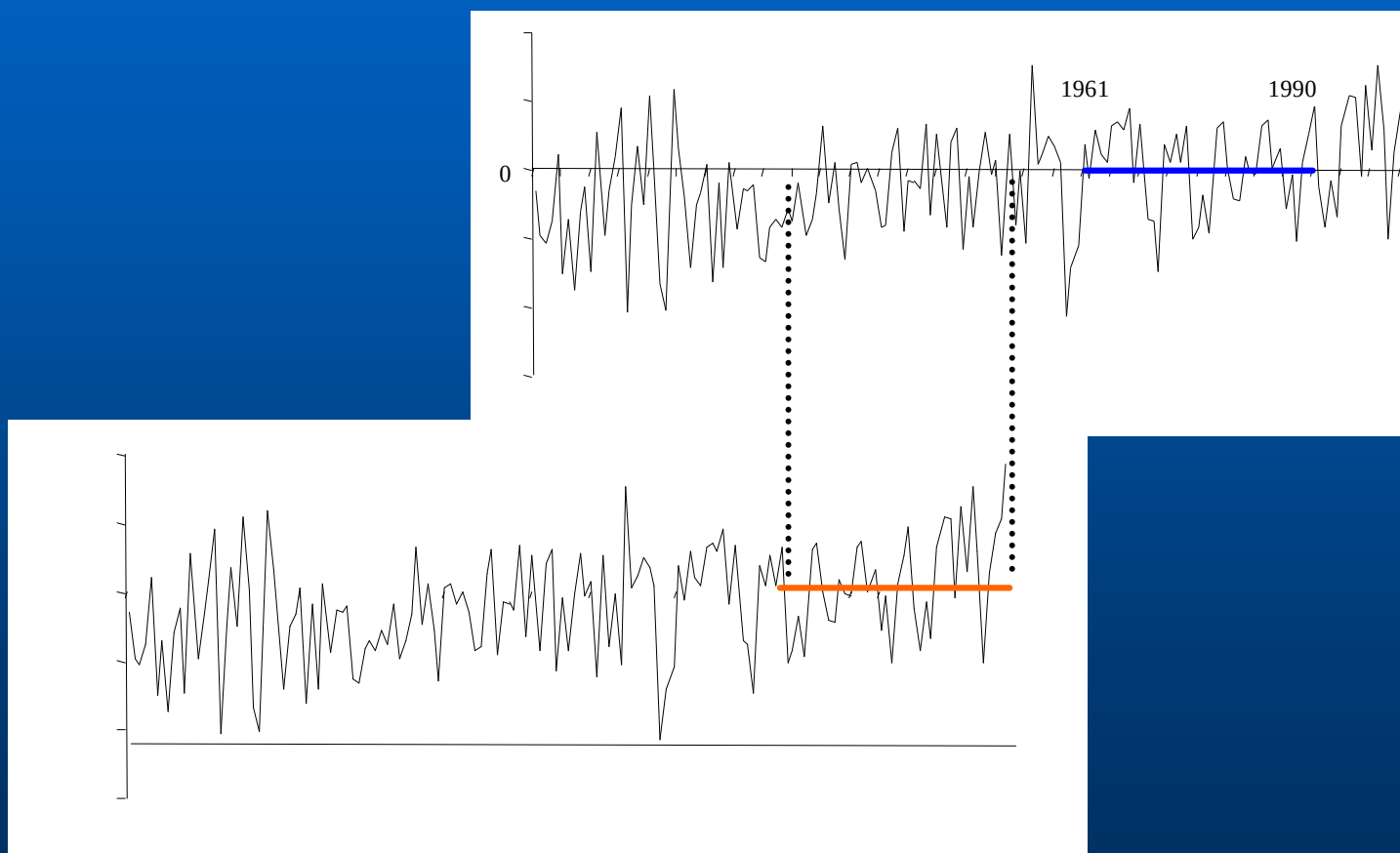
	Hlavní komponenta				Hlavní komponenta			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Zimní půlrok								
Zem. délka	0.078	0.891	0.333	0.074	-0.075	-0.984	0.059	0.051
Zem. šířka	-0.416	0.231	-0.742	0.520	-0.412	0.114	0.961	0.021
Nadm. výška	0.075	0.069	-0.666	-0.566	-0.174	0.203	0.182	-0.671
Letní půlrok								
Zem. délka	0.078	0.891	0.333	0.074	-0.075	-0.984	0.059	0.051
Zem. šířka	-0.416	0.231	-0.742	0.520	-0.412	0.114	0.961	0.021
Nadm. výška	0.075	0.069	-0.666	-0.566	-0.174	0.203	0.182	-0.671

Průměrovaná řada České republiky

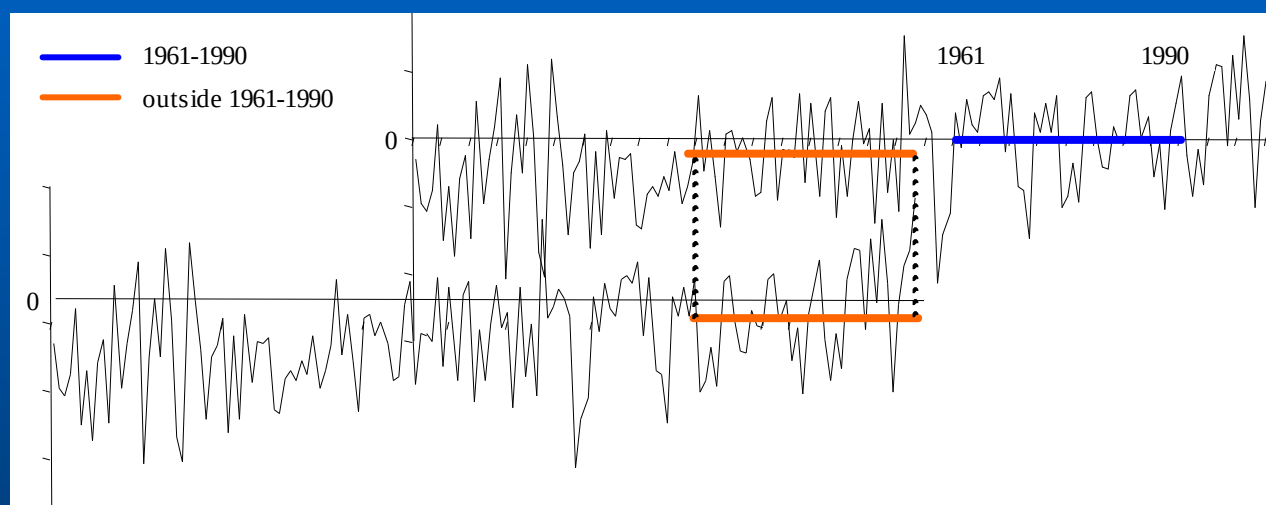
- jednotlivé řady převedeny na anomálie
1961-1990

Pro řady neměřící v období 1961-1990

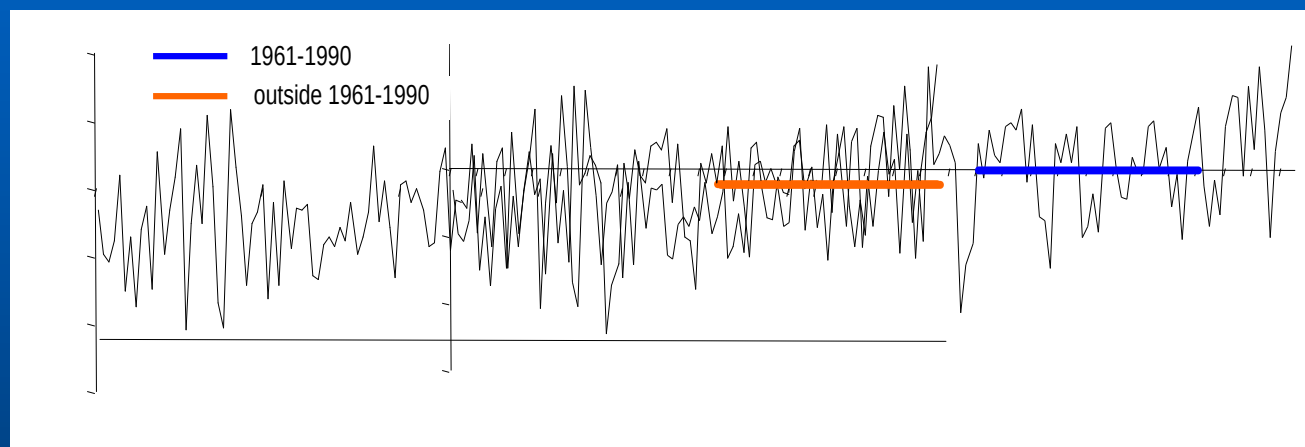
- vytvoření referenční řady



Oprava na průměr referenční řady



Převedeny postupně všechny řady



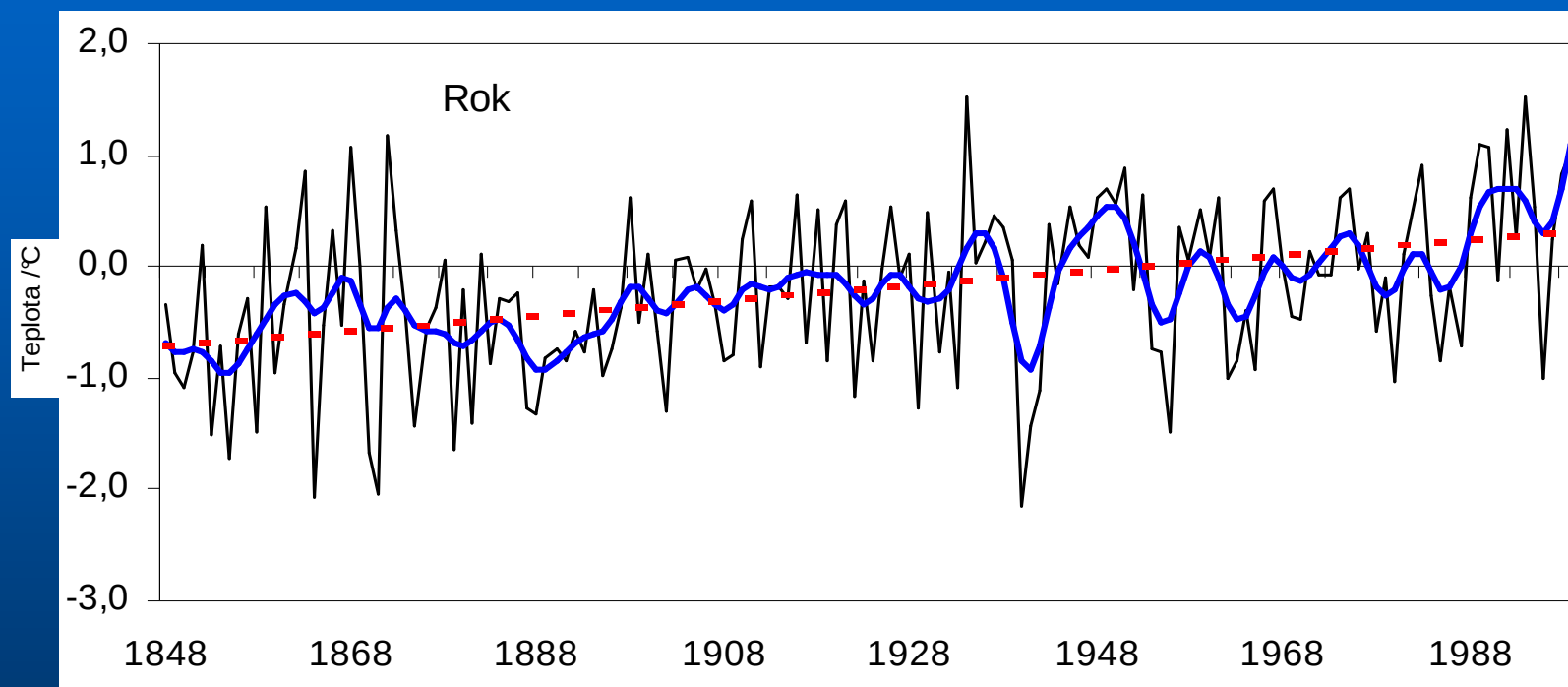
Průměrovaná řada ČR

statistické charakteristiky 1848-2000

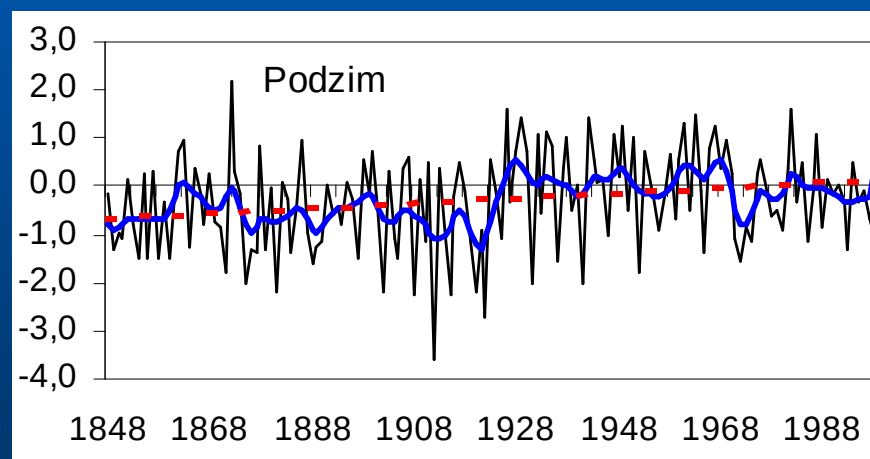
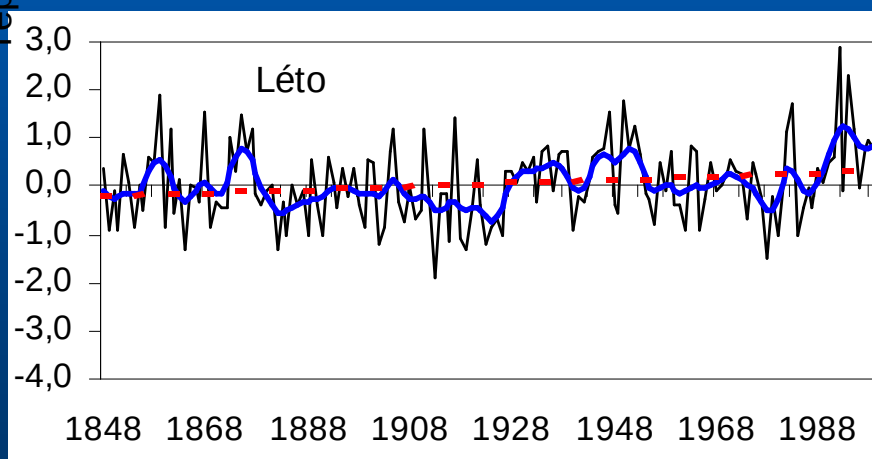
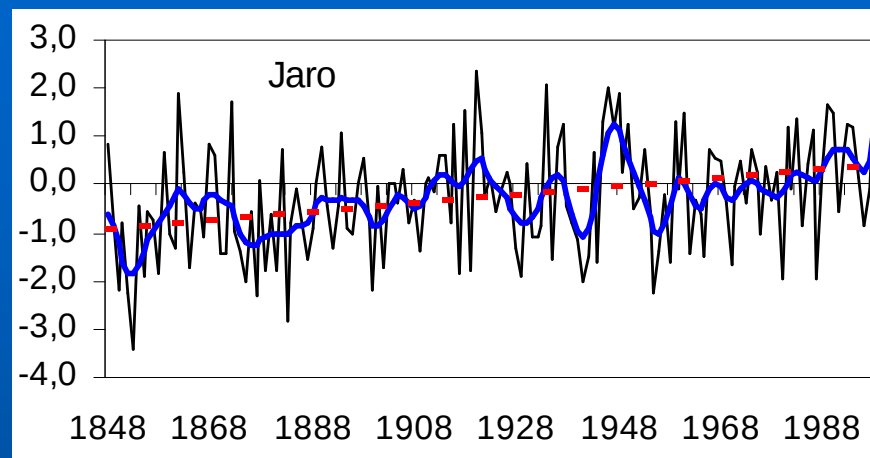
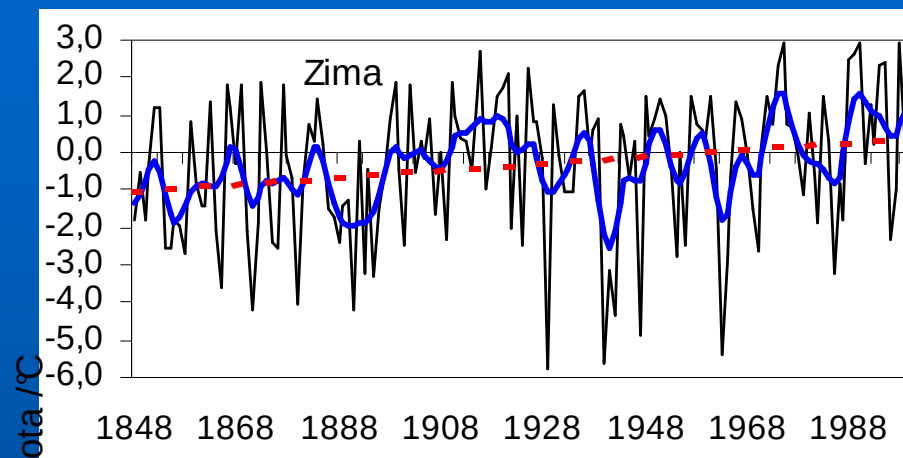
Avg ČR 1848-2000	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
Počet	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	229	230	230	230	230
Průměr	-0,22	-0,37	-0,44	-0,20	-0,15	0,02	0,15	0,02	-0,09	-0,32	-0,43	-0,36	-0,32	-0,26	0,06	-0,28	-0,20
Směr. Odchylka /°C	2,86	2,94	2,19	1,69	1,66	1,31	1,30	1,21	1,42	1,59	1,84	2,40	1,89	1,18	0,80	1,03	0,78
Rozptyl /°C°C	8,18	8,63	4,80	2,85	2,77	1,72	1,69	1,47	2,02	2, 51	3,38	5,75	3,56	1,38	0,65	1,05	0,60
Koeficient variace /%	-1326	-799	-497	-838	-1097	8050	887	6636	-1533	-497	-424	-662	-591	-445	1322	-364	-388
Koeficient asymetrie	-0,48	-1,02	-0,22	0,09	-0,15	-0,03	0,15	0,47	-0,02	-0,12	-0,13	-0,79	-0,63	0,04	0,42	-0,23	-0,11
Koeficient špičatosti	0,01	1,32	-0,85	-0,66	-0,26	-0,21	-0,05	0,48	0,58	-0,01	-0,13	0,98	0,02	-0,51	0,42	-0,13	-0,24
Minimální hodnota	-8,5	-11,5	-5,8	-3,7	-4,2	-4,0	-2,8	-2,6	-4,8	-4,6	-6,3	-9,3	-5,8	-3,4	-1,9	-3,6	-2,1
1. výskyt (rmd)	1799	1929	1785	1817	1876	1923	1771	1833	1912	1786	1771	1788	1830	1785	1771	1786	1786
Počet výskytů	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Maximální hodnota	5,3	4,9	3,7	3,8	3,7	2,9	4,2	4,7	4,0	4,1	4,5	5,0	2,9	2,5	2,9	2,2	1,8
1. výskyt (rmd)	1796	1966	1990	1800	1811	1811	1994	1807	1947	1907	1926	1934	1796	2000	1834	1872	2000
Počet výskytů	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
1. decil (10%)	-4,1	-4,8	-3,5	-2,5	-2,5	-1,6	-1,6	-1,5	-1,9	-2,3	-2,9	-3,8	-2,7	-1,8	-0,9	-1,5	-1,3
1. kvartil (25%)	-2,0	-1,6	-2,1	-1,4	-1,3	-0,9	-0,7	-0,9	-0,9	-1,5	-1,7	-1,6	-1,7	-1,1	-0,5	-1,1	-0,8
Medián	-0,1	0,0	-0,3	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,4	-0,1	-0,1	-0,3	0,0	-0,2	-0,2
3. kvartil (75%)	1,9	1,6	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8	0,7	1,0	1,2	1,1	0,6	0,6	0,5	0,4
Posl. decil (90%)	3,1	2,8	2,4	2,0	1,8	1,9	1,7	1,7	1,6	1,7	1,9	2,5	1,8	1,3	1,1	1,0	0,7
Lin. trend	0,012	0,005	0,012	0,006	0,008	0,001	0,004	0,006	0,003	0,002	0,011	0,013	0,010	0,009	0,004	0,005	0,007

Průměrovaná řada ČR, 1848-2000

shlazená 10-ti letým Gaussovým nízkofrekvenčním filtrem

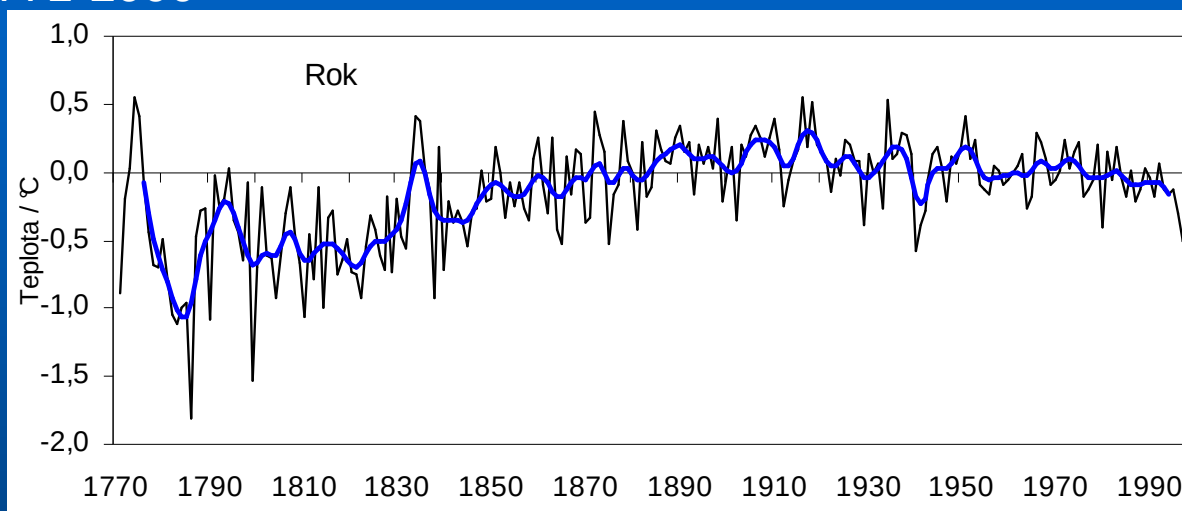


Průměrovaná řada ČR, sezóny



Průměrovaná řada ČR – stanovení začátku

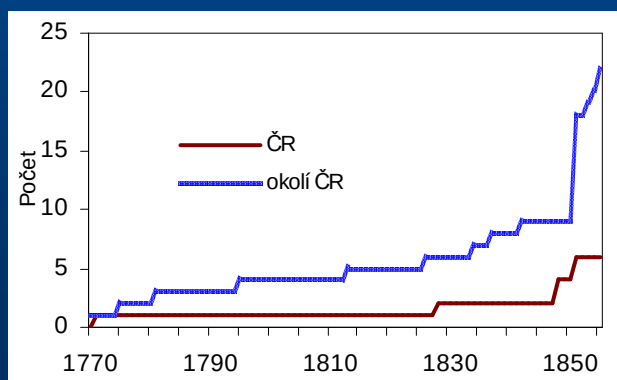
Roční rozdíly mezi průměrovanou řadou ČR a průměrovanou řadou z okolí ČR, 1771-2000



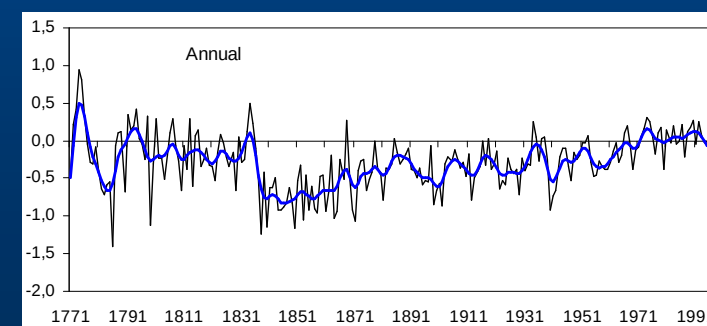
Korelace avgČR a okolí

Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
1771-1999	0.926	0.904	0.838	0.882	0.896
1771-1827	0.860	0.913	0.821	0.802	0.899
1828-1999	0.962	0.940	0.934	0.929	0.953
1771-1847	0.886	0.920	0.816	0.826	0.900
1848-1999	0.975	0.934	0.937	0.929	0.957

Počet stanic použitých k výpočtu průměrovaných řad pro ČR a okolí ČR, 1771- 1855



Roční rozdíly řad neopraveného Klementina s prům. řadou z okolí ČR



Průměrovaná řada ČR

Trend na 100 let (°C), 1848-2000

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Trend	1,17	0,47	1,22	0,64	0,79	0,13	0,39	0,56	0,30	0,22	1,06	1,29
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok							
Trend	0,96	0,88	0,36	0,52	0,69							

Korelační koeficienty mezi řadami ročních a sezónních průměrů teploty vzduchu, pro průměrnou řadu ČR (1848–2000) a průměrnou řadu severní polokoule (1856–2000, Jones et al., 2001)

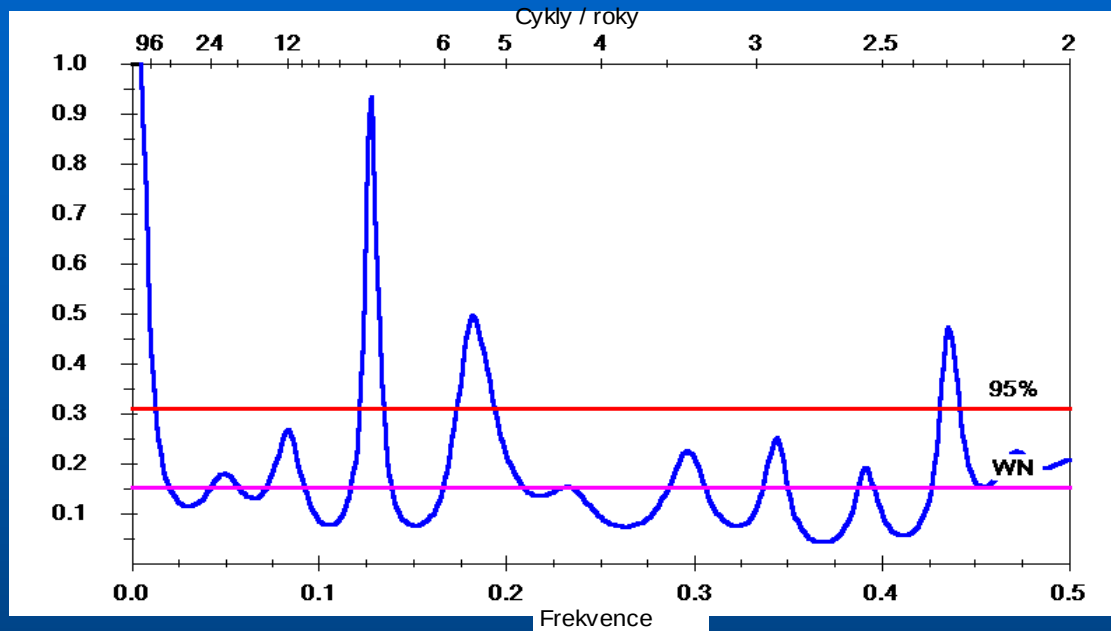
Průměrná řada ČR (1849-2000)						Průměrná řada Severní polokoule (1857-2000)					
Původní hodnoty:						Původní hodnoty:					
	rok	zima	jaro	léto	podzim		rok	zima	jaro	léto	podzim
rok	1	0.61	0.73	0.42	0.46	rok	1	0.82	0.91	0.87	0.89
zima	0.61	1	0.32	0.11	-0.07	zima	0.82	1	0.73	0.59	0.63
jaro	0.73	0.32	1	0.15	0.20	jaro	0.91	0.73	1	0.78	0.72
léto	0.42	0.11	0.15	1	0.15	léto	0.87	0.59	0.78	1	0.75
podzim	0.46	-0.07	0.20	0.15	1	podzim	0.89	0.63	0.72	0.75	1
Hodnoty po odstranění trendu:						Hodnoty po odstranění trendu:					
	rok	zima	jaro	léto	podzim		rok	zima	jaro	léto	podzim
rok	1	0.58	0.69	0.36	0.44	rok	1	0.61	0.76	0.75	0.73
zima	0.58	1	0.25	0.09	-0.09	zima	0.61	1	0.42	0.22	0.22
jaro	0.69	0.25	1	0.08	0.15	jaro	0.76	0.42	1	0.55	0.36
léto	0.36	0.09	0.08	1	0.07	léto	0.75	0.22	0.55	1	0.55
podzim	0.44	-0.09	0.15	0.07	1	podzim	0.73	0.22	0.36	0.55	1

v různých částech roku se významně mění působení jednotlivých klimatických faktorů

shlazené vysokofrekvenčním Gaussovým filtrem pro 50 let.

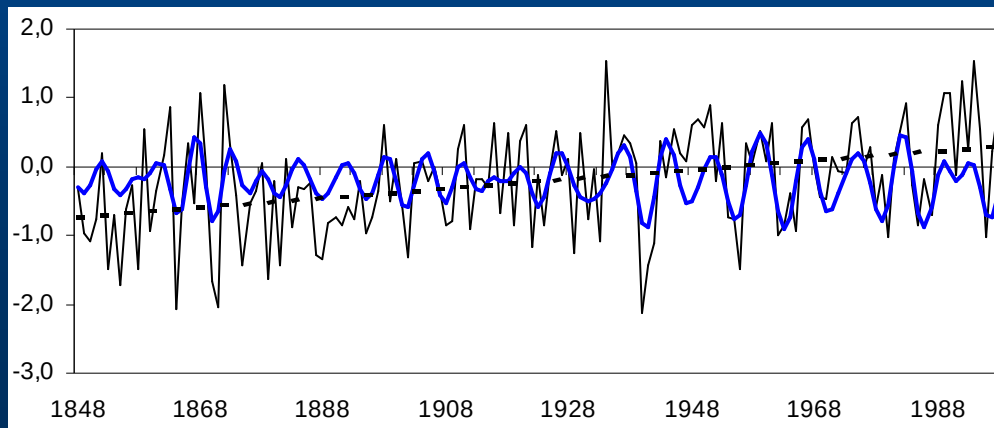
Analýza cykličnosti

Maximum Entropy Spectral Analysis



Period
7.8 y.
5.5y.
2.3y.

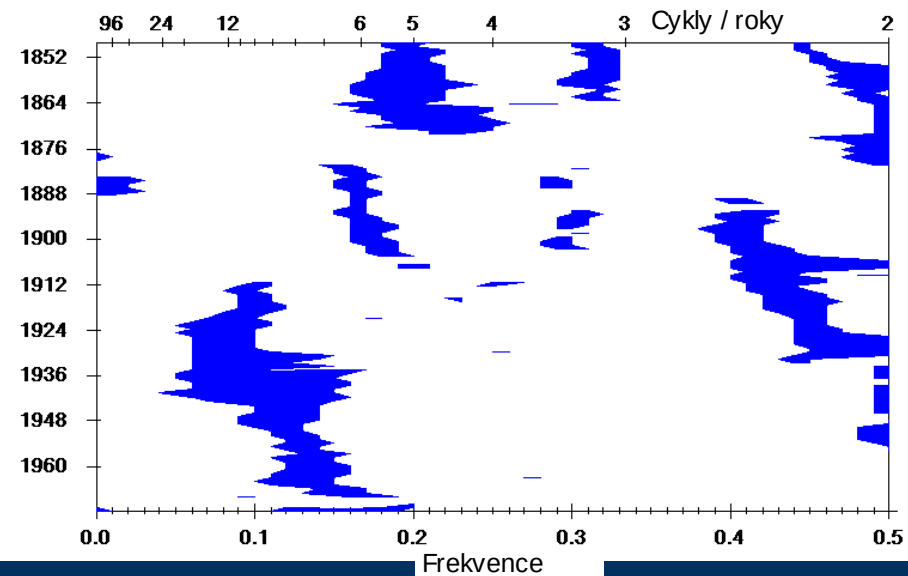
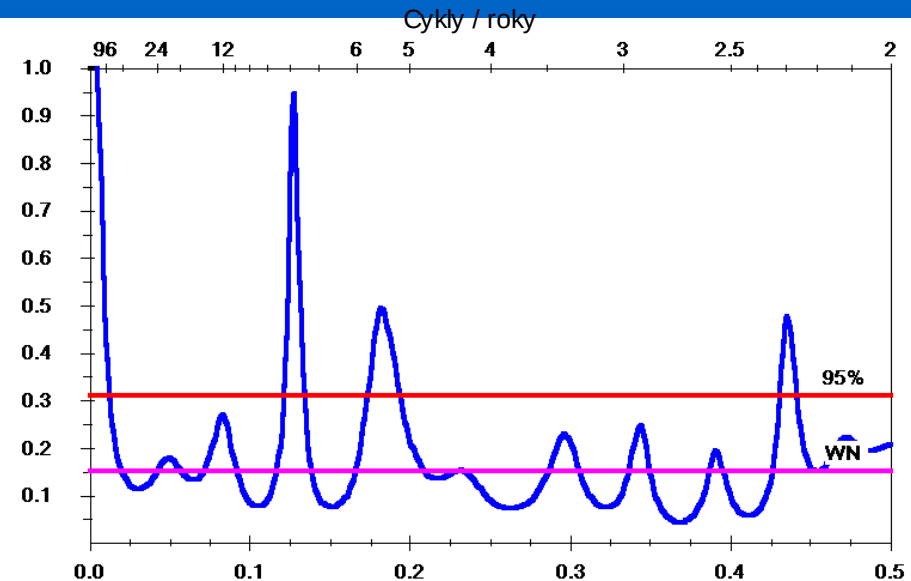
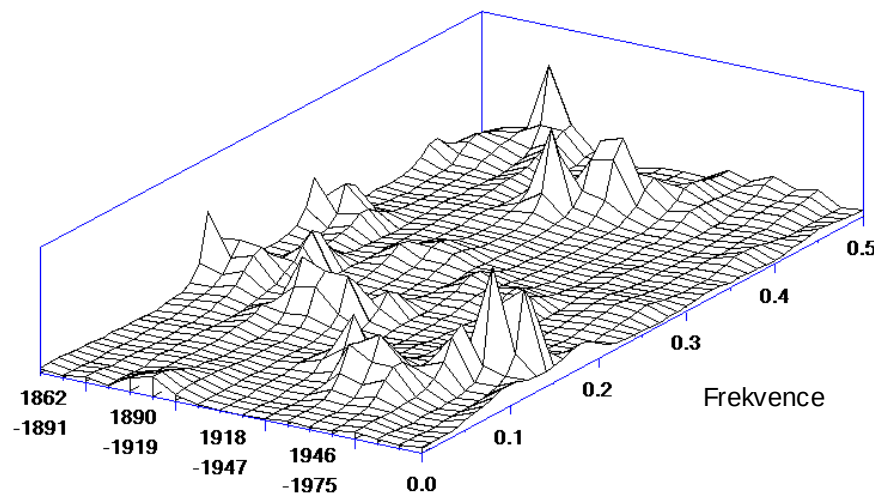
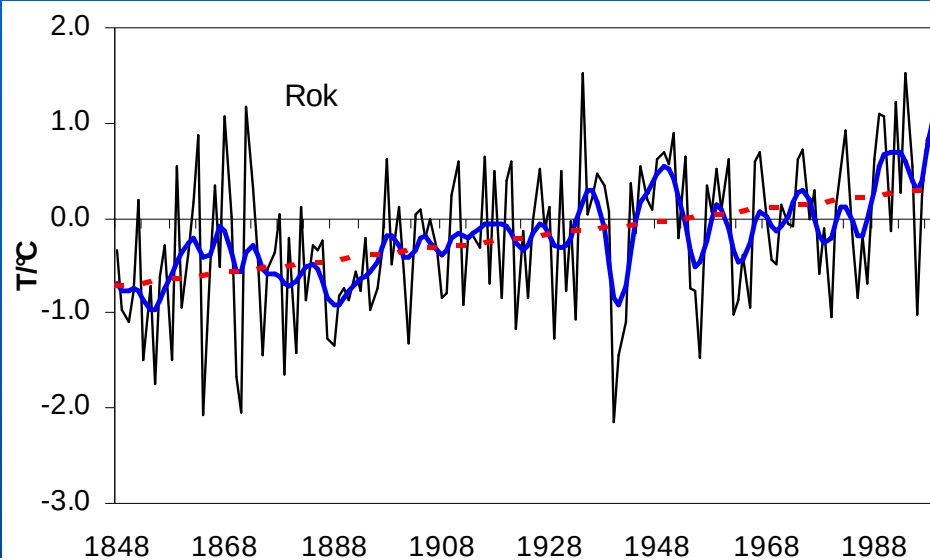
Průměrovaná řada ČR shlazená pásmovým filtrem pro 8 let



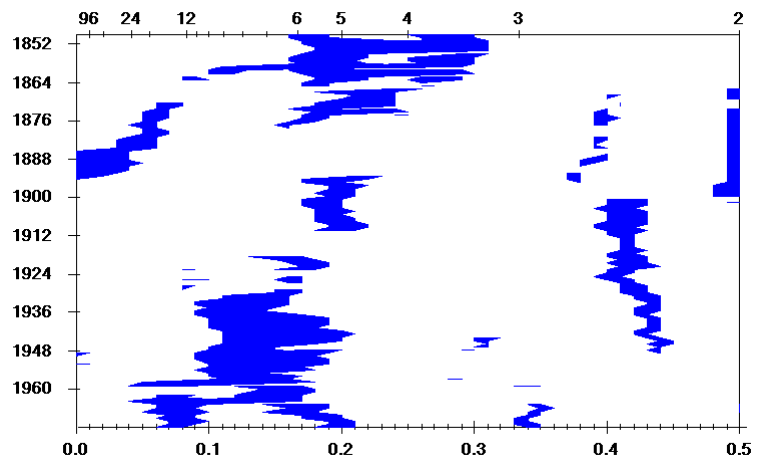
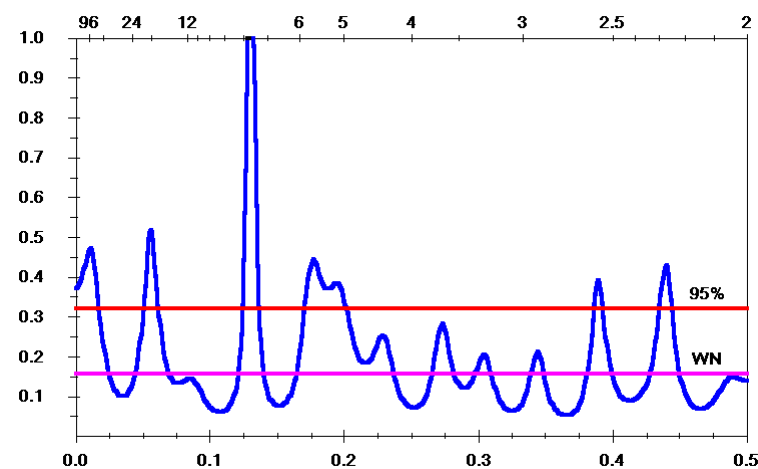
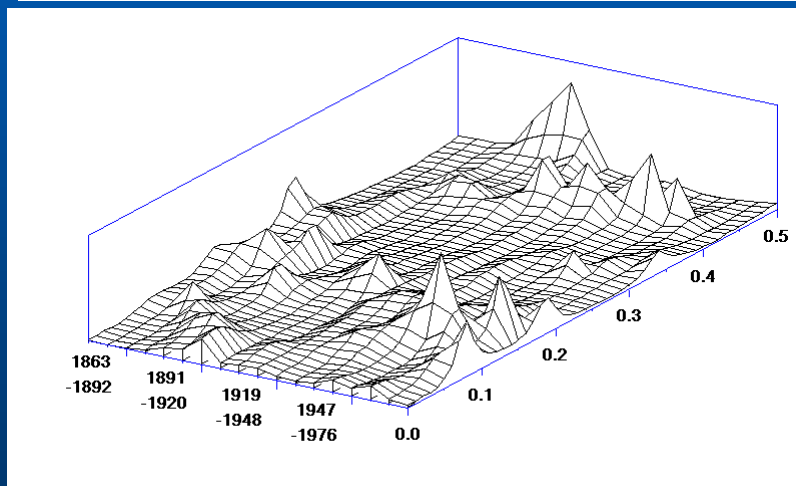
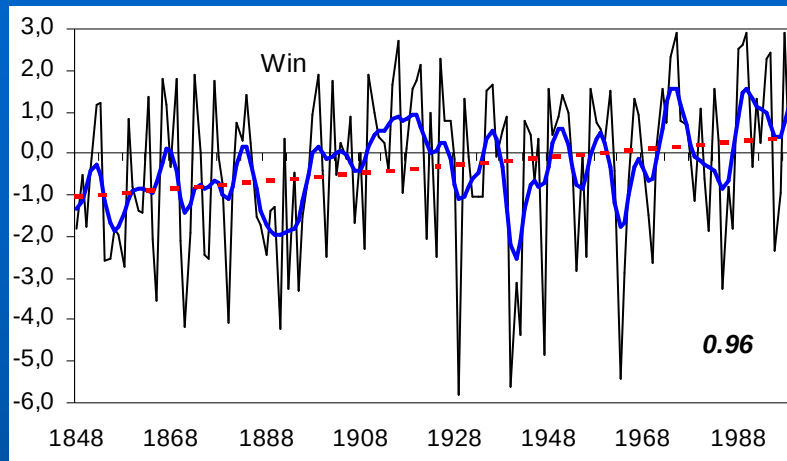
Statisticky významné ($\alpha = 0,05$) cykly (v rocích) pro jednotlivé sezóny a rok pro průměrnou teplotní řadu ČR v období 1848–2000.

Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok
120,0	inf	60,0	inf	inf
18,5	26,7	18,5		
7,7	12,6			7,7
5,6		6,0		5,5
	4,4	4,1	4,9	
2,6	3,3	3,1	2,6	
2,3	2,3		2,3	2,3
		2,2	2,1	

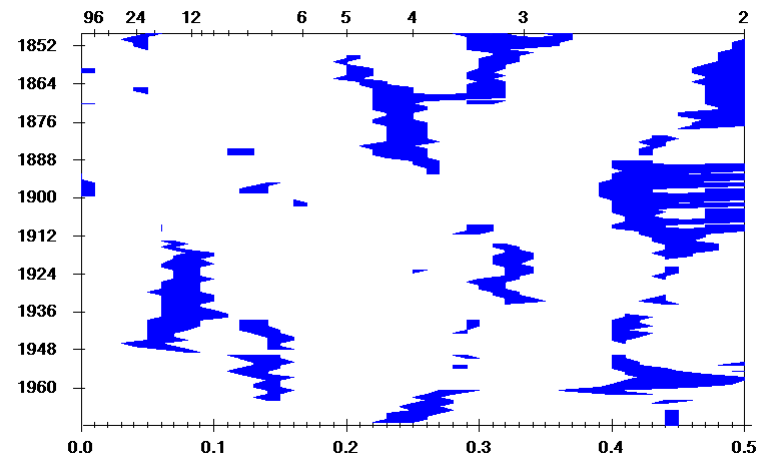
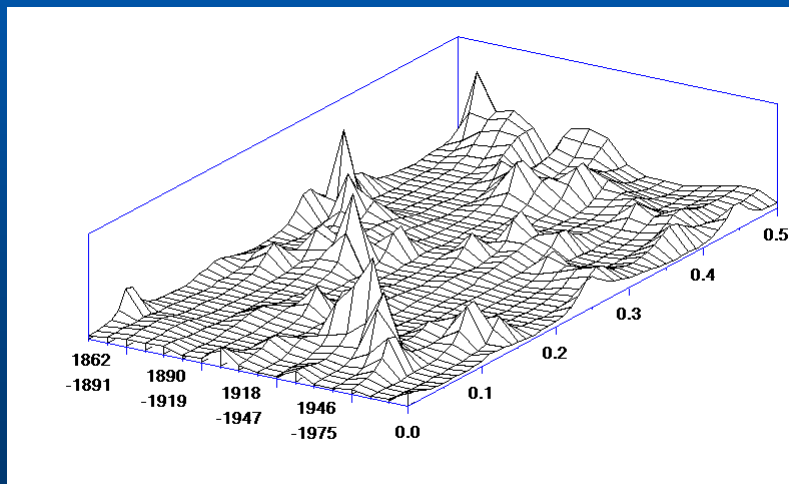
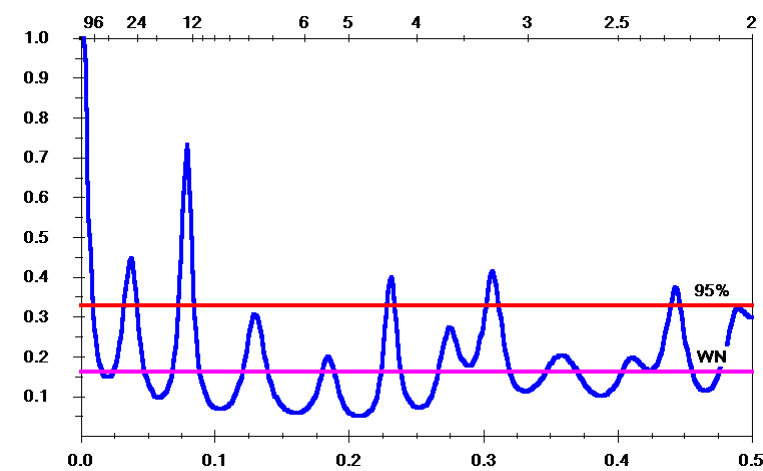
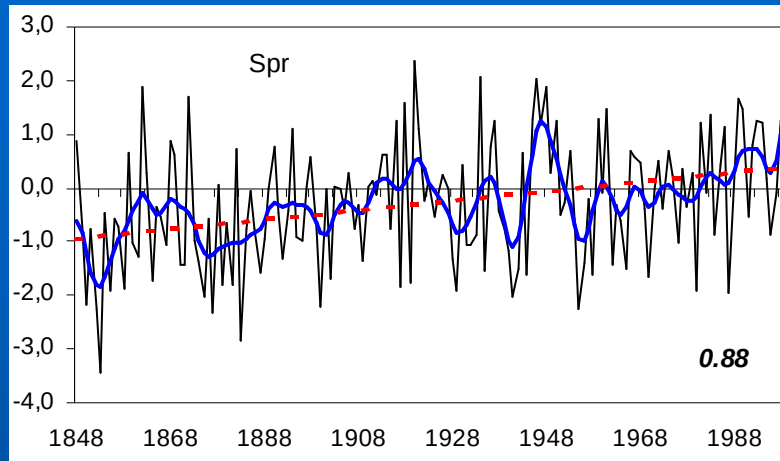
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, roční průměry



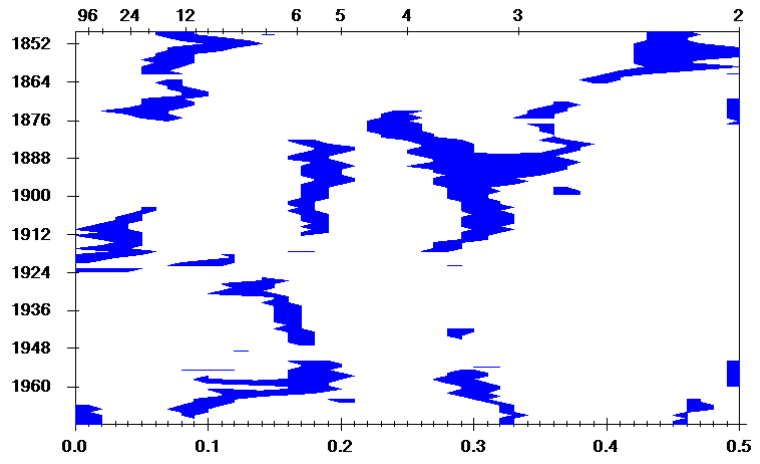
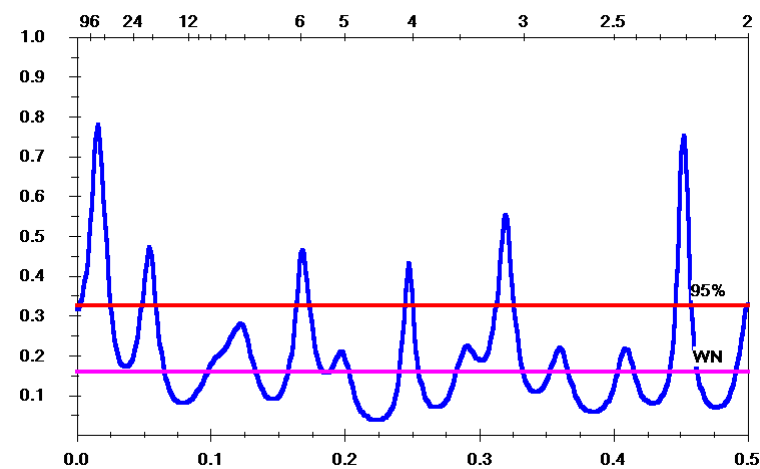
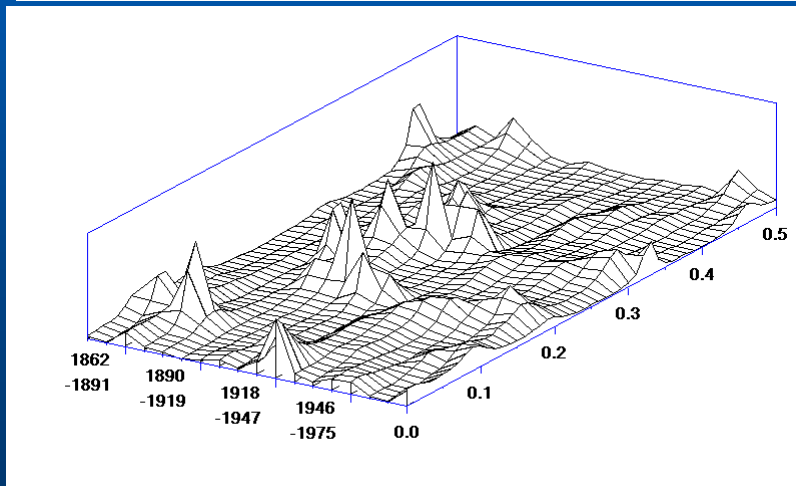
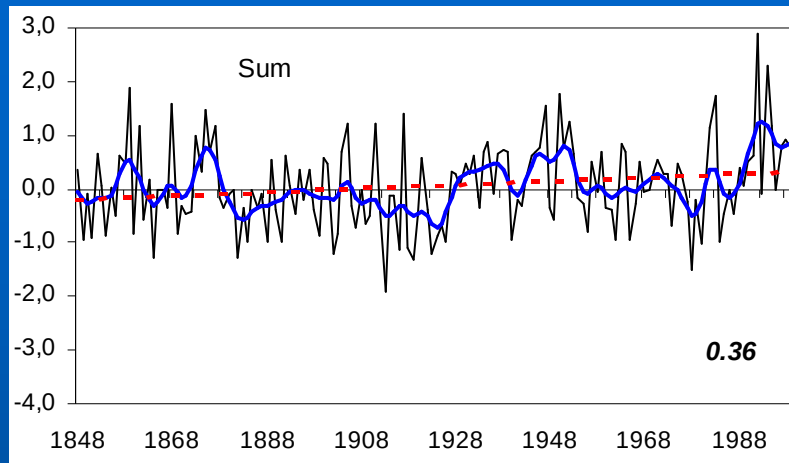
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, ZIMA



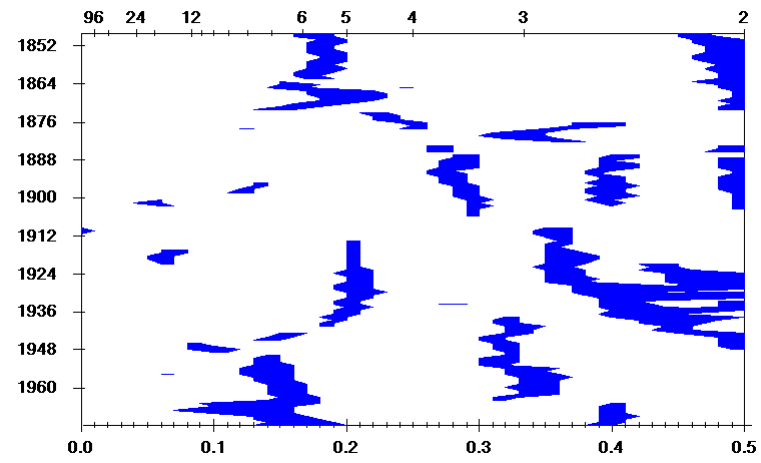
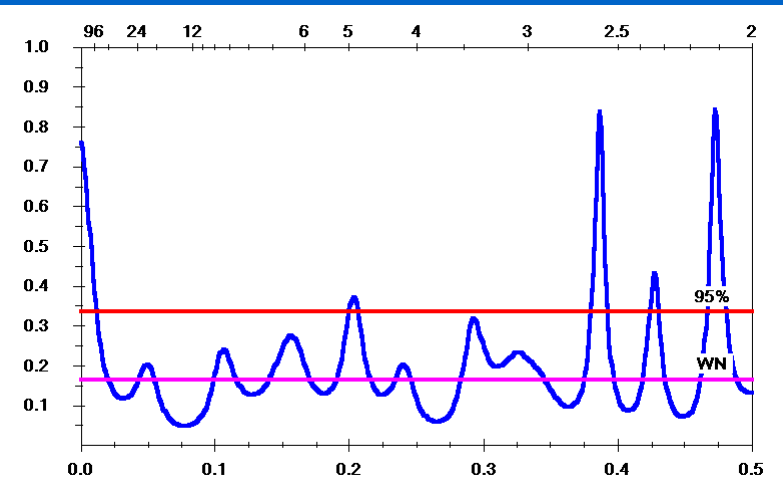
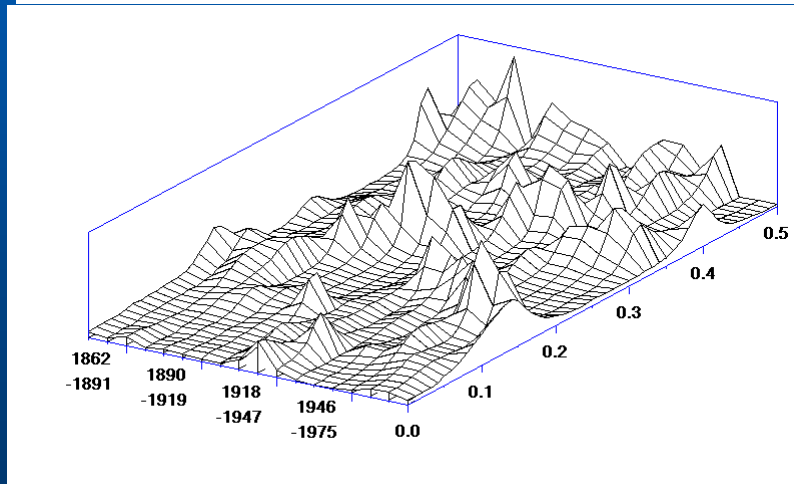
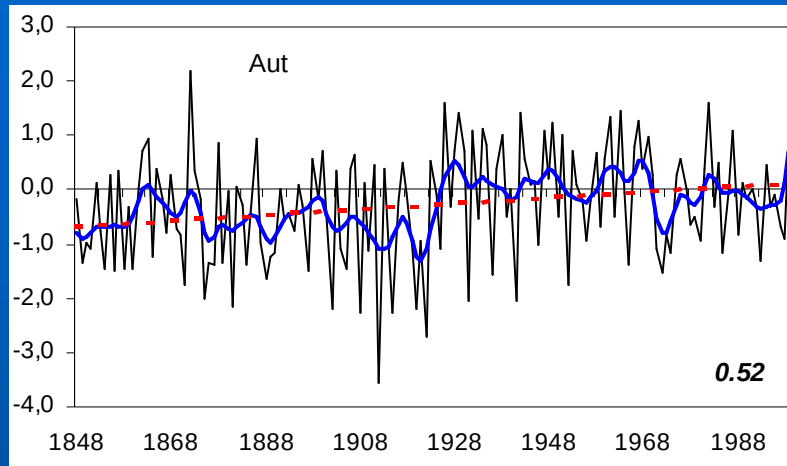
Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, JARO



Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, LÉTO



Maximum Entropy Spectral Analysis AVG ČR, 1848-2000, PODZIM



Korelační koeficienty

Korelace mezi průměrovanou řadou ČR a průměrem stanic v **okolí ČR**, 1848-1999

Season	Win	Spr	Sum	Aut	Year
Corr.	0.97	0.93	0.94	0.93	0.96

Korelace mezi průměrovanou řadou ČR a průměrovanou řadou **severní polokoule** 1848-1999

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Původní řady	0.462	0.383	0.364	0.287	0.324	0.313	0.250	0.351	0.251	0.213	0.479	0.244
Řady bez trendu	0.473	0.430	0.388	0.191	0.310	0.330	0.147	0.168	0.179	0.199	0.425	0.218
Období	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok							
Původní řady	0.332	0.392	0.405	0.383	0.465							
Řady bez trendu	0.321	0.322	0.227	0.296	0.336							

shlazené vysokofrekvenčním Gaussovým filtrem pro 50 let

Vazba na klimatotvorné faktory – vícenásobná lineární regrese

Teplotní řady ČR a severní polokoule shlazené
nízkofrekvenčním Gaussovým filtrem pro 10 let, období 1870–1997

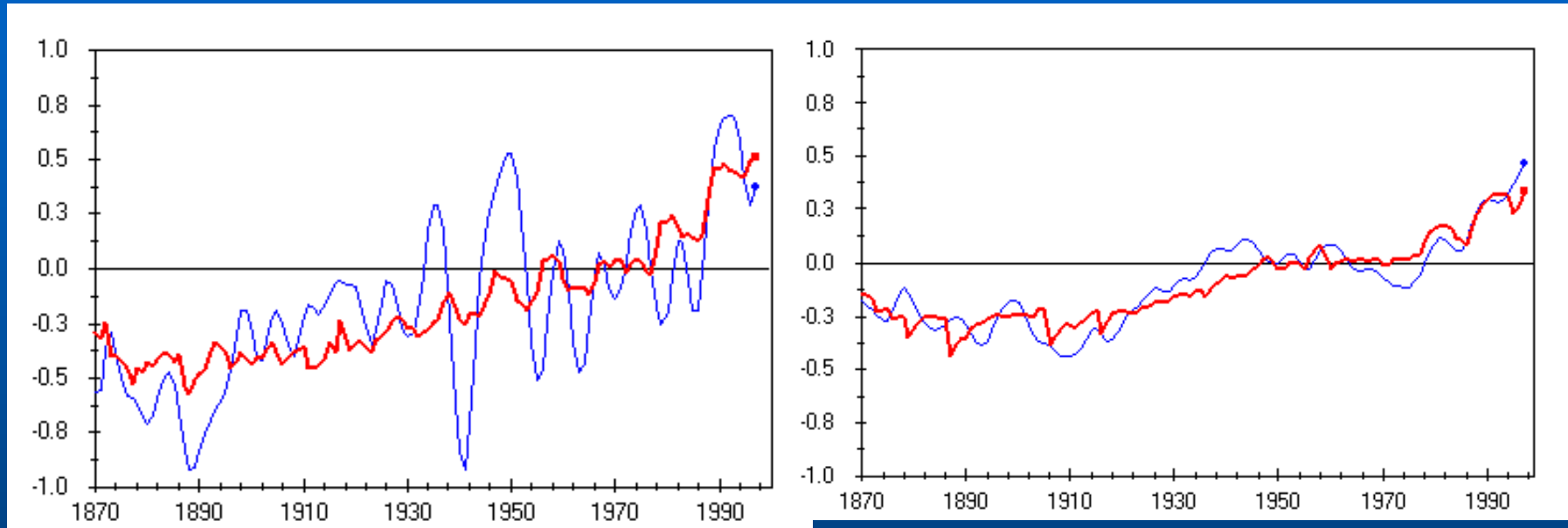
AVG ČR	Parametry neshlazený					Shlazení SOI 10 let	Shlazení všech parametrů				Parametry neshlazený	
	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok	Rok	Rok	Rok			Rok
Koef. determinace	0.509	0.196	0.373	0.362	0.284	0.523	0.552	0.635	0.768	Koef. determinace		0.495
Maximální signál /°C										Max. signál /°C		
SRN	0.24	0.32	0.44	0.00	0.48	0.22	0.20	0.11	-0.08	Irradiance		0.21
logSVI 4 roky	-0.16	0.59	0.47	-0.81	-0.69	-0.16	-0.14	-0.09	-0.03	logSVI 4 roky		-0.15
CO2 20 let	1.03	1.56	1.18	0.79	0.51	1.14	1.06	1.15	1.30	CO2 20 let		0.89
SOI	0.14	0.06	-0.10	0.05	0.15	0.31	0.19	0.26	0.30	SOI		0.14
suma	1.25	2.52	1.98	0.02	0.46	1.51	1.32	1.44	1.49	suma		1.10

působení jednotlivých klimatotvorných faktorů v různých částech roku se výrazně mění

TNH	Parametry neshlazený					Shlazení SOI 10 let	Shlazení všech parametrů				Parametry neshlazený	
	Rok	Zima	Jaro	Léto	Podzim	Rok	Rok	Rok	Rok			Rok
Koef. determinace	0.814	0.803	0.810	0.662	0.726	0.819	0.840	0.878	0.927	Koef. determinace		0.786
Maximální signál /°C										Max. signál /°C		
Irradiance	0.22	0.19	0.19	0.19	0.29	0.24	0.20	0.19	0.19	SRN		0.05
logSVI 4 roky	-0.23	-0.22	-0.24	-0.27	-0.17	-0.22	-0.24	-0.26	-0.27	logSVI 4 roky		-0.27
CO2 20 let	0.49	0.68	0.55	0.33	0.40	0.44	0.49	0.44	0.30	CO2 20 let		0.68
SOI	-0.02	-0.08	-0.03	0.00	-0.04	-0.09	-0.04	-0.09	-0.17	SOI		0.00
suma	0.46	0.58	0.48	0.25	0.47	0.37	0.41	0.27	0.05	suma		0.46

Vícenásobná lineární regrese

Roční teplotní anomálie průměrných řad ČR (vlevo) a severní polokoule (vpravo) (modře)
aproximované řadami vypočítanými podle vícenásobného lineárního regresního modelu (červeně)



$$AVG_{\check{C}R} = -4,3165 + 0,0013 S - 0,0665 V + 0,0142 C + 0,0379 E \quad TNH = -107,8826 + 0,0777 S - 0,0952 V + 0,0068 C - 0,0063 E.$$

Všechny použité faktory (prediktory) byly
shlazeny nízkofrekvenčním
Gaussovým filtrem pro 10 let

