

## ANALÝZA ČASOVÝCH ŘAD

### Cvičení č. 2

#### Zadání:

S využitím softwaru AnClim proveďte statistickou analýzu zvolené teplotní a srážkové řady Brna nebo Opavy pro zadanou sezónu. Vypočtěte, graficky znázorněte a následně slovně zhodnoťte:

- a) základní statistické charakteristiky (průměr, směrodatná odchylka, normální rozdělení, trend a jeho významnost atd.),
- b) kolísání časové řady shlazené Gaussovým filtrem a klouzavým průměrem (pro 10 let) a obě metody srovnejte,
- c) koeficienty autokorelace,
- d) spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů,
- e) dynamická MESA,
- f) pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus, příp. jiný statisticky významný.

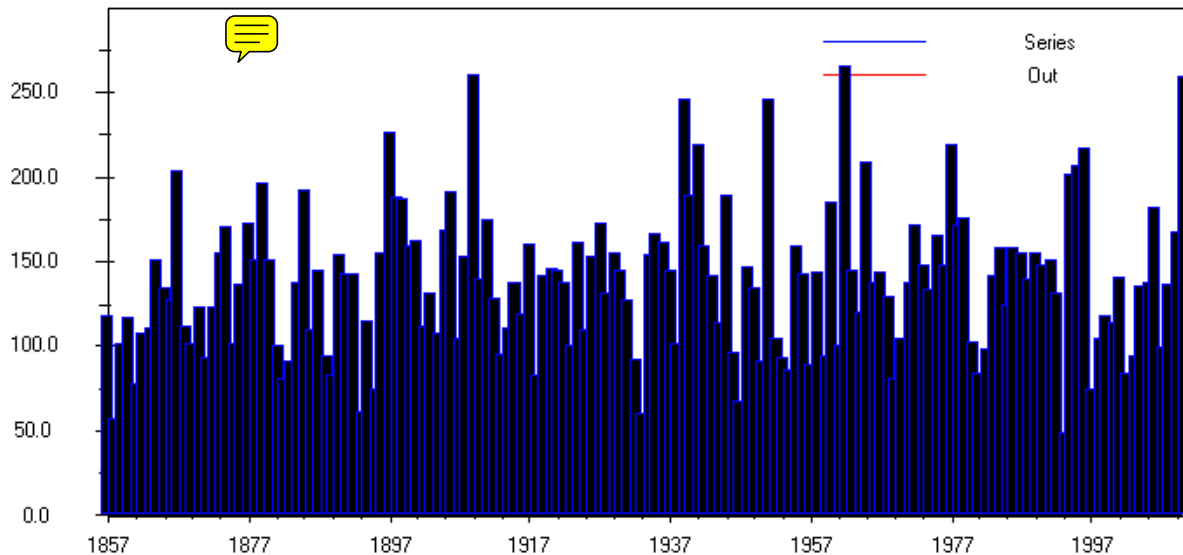
Přidělená řada: **Opava, MAM = jaro**



**Vypracování:**

**1 SRÁŽKY**

**1.1 Základní statistické charakteristiky**



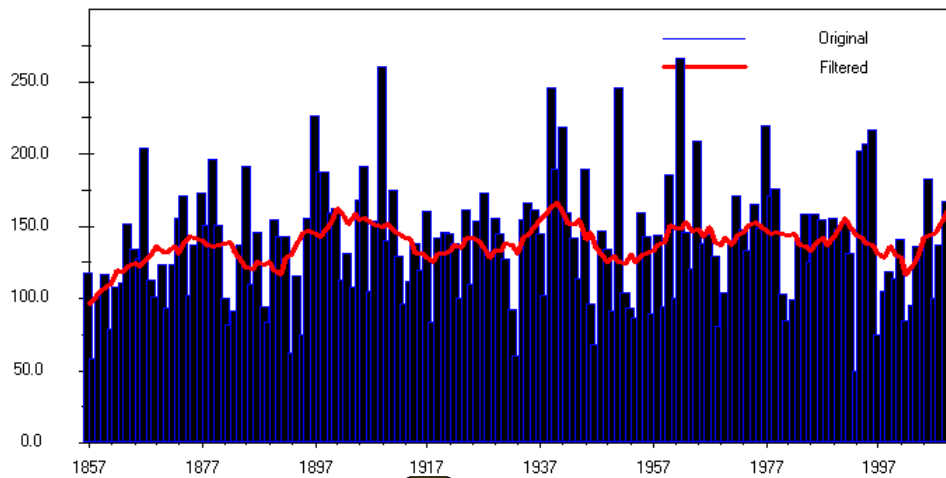
Obr. 1 Chod srážek na stanici Opava v jarním období (MAM) mezi lety 1857-2010

Tab. 1 Základní statistické charakteristiky srážek v Opavě v jarním období mezi roky 1857-2010

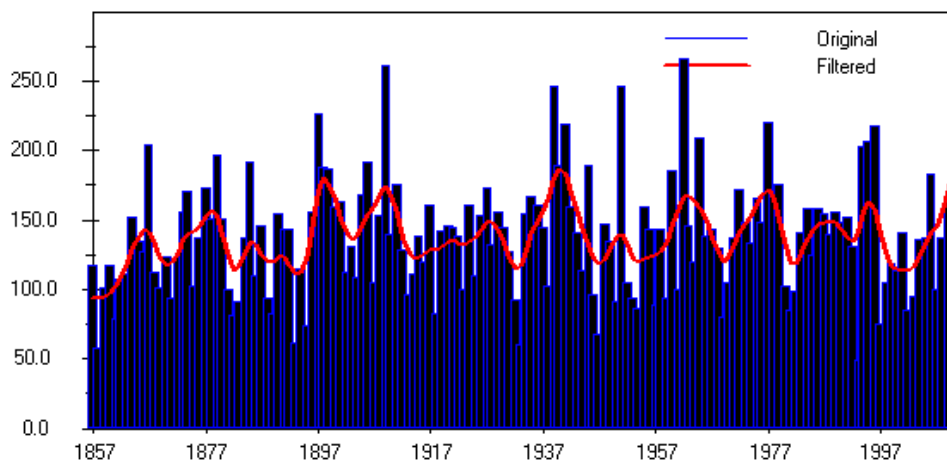
Základní charakteristika srážek MAM 1857-2010	
aritmetický průměr	138.3675
směrodatná odchylka	30.63%
medián	138.4
lineární regresní model (x=Time)	
( $y=b_0+b_1*x$ )	$y = 129.5881+0.1133*x$
T-test for Coefficient b1	$T=1.480 <? 1.976$ (95%)
	(NON significant)
Trend /10 years	1.133
Index of Determination (Correlation)	0.0142 (0.1192)
Variance (Residuals+Estimates=Total)	$1759.0822+25.3614=1784.4436$

**Závěr:** Srážky v naměřené v Opavě během jarního období mezi roky 1857-2010 v porovnání s ostatními obdobími mají podobné úhrny jako na podzim, v létě jsou potom tyto hodnot vyšší a v zimě nižší. Nejvyšší hodnoty během jara se vyskytly přibližně v roce 1909 a 1961 (Obr. 1). Dle statistických výsledků této řady by měla suma srážek růst přibližně 1,1 mm za 10 let, což dle T-testu je statisticky nevýznamné.

## 1.2 Shlazení časové řady



Obr. 2 Kolísání časové řady shlazené klouzavým průměrem



Obr. 3 Kolísání časové řady shlazené Gaussovým filtrem

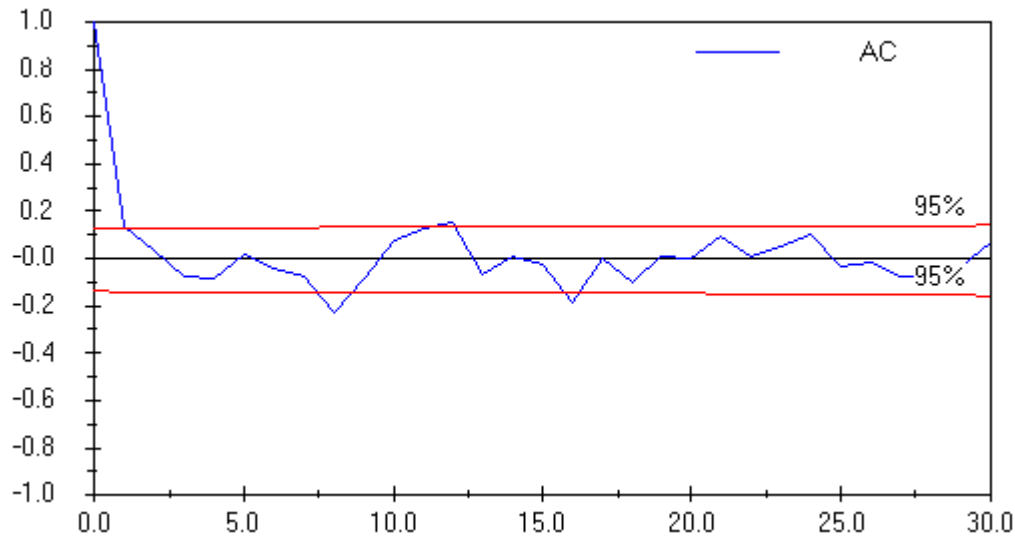
### Závěr:

Porovnáme-li metodu shlazení klouzavými průměry (pro 10 let) a Gaussovým filtrem, je zřetelné, že trend je v případě klouzavých průměru shlazen silněji. V případě grafu s Gaussovým filtrem (Obr. 2) jsou čitelná vlhčí období, a to především kolem roku 1900, 1909 a 1940. Celkem pravidelné kolísání lze zaznamenat v druhé polovině 20. st., kde se také projevuje výrazné meteorologické sucho kolem roku 2000.

### 1.3 Koeficienty autokorelace

Tab. 2 Koeficienty autokorelace sum srážek pro jarní období v Opavě mezi lety 1857 - 2010

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.000 <	0.132 <	0.032	-0.079	-0.086	0.015	-0.040	-0.074	-0.230 <	-0.085	0.081	0.125	0.152 <	-0.068	0.006	-0.024
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
-0.191 <	0.003	-0.099	0.008	0.001	0.096	0.003	0.045	0.097	-0.039	-0.016	-0.080	-0.085	-0.031	0.067	



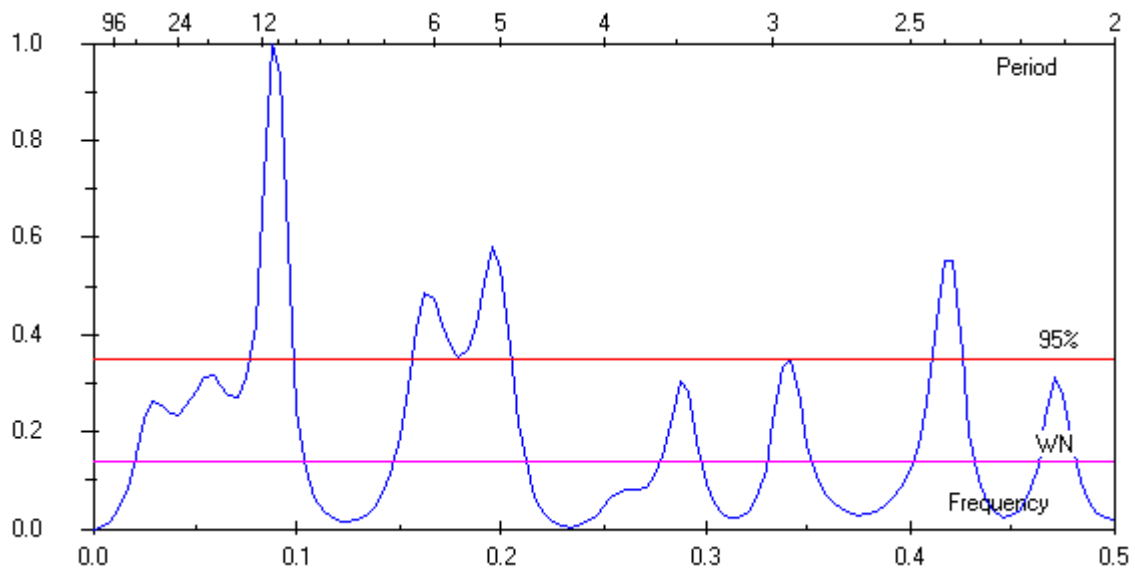
Obr. 4 Průběh autokorelační funkce s vyznačením hladiny významnosti 95 %

**Závěr:** Jak je zjevné z grafu (Obr. 4) i z tabulky (Obr. 5, označení <), autokorelační funkce překročila hladinu významnosti 95% hned v 5 případech (resp. 4 dle grafu). Z čehož také vyplývá, že by zde mohly být 4 významnější cykly.

## 1.4 Spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů

Tab. 3 Výsledky spektrální analýzy

frekvence	hodnota	perioda	frekvence	hodnota	perioda	frekvence	hodnota	perioda
0.000	0.000	0.0000	0.171	0.417 <	5.8537	0.342	0.349	2.9268
0.004	0.004	240.0000	0.175	0.371 <	5.7143	0.346	0.260	2.8916
0.008	0.016	120.0000	0.179	0.353 <	5.5814	0.350	0.170	2.8571
0.013	0.040	80.0000	0.183	0.369 <	5.4545	0.354	0.110	2.8235
0.017	0.083	60.0000	0.188	0.422 <	5.3333	0.358	0.074	2.7907
0.021	0.149	48.0000	0.192	0.508 <	5.2174	0.362	0.052	2.7586
0.025	0.224	40.0000	0.196	0.580 <	5.1064	0.367	0.039	2.7273
0.029	0.263	34.2857	0.200	0.536 <	5.0000	0.371	0.032	2.6966
0.033	0.256	30.0000	0.204	0.375 <	4.8980	0.375	0.029	2.6667
0.038	0.239	26.6667	0.208	0.219	4.8000	0.379	0.031	2.6374
0.042	0.235	24.0000	0.212	0.120	4.7059	0.383	0.037	2.6087
0.046	0.253	21.8182	0.217	0.063	4.6154	0.388	0.048	2.5806
0.050	0.284	20.0000	0.221	0.030	4.5283	0.392	0.064	2.5532
0.054	0.313	18.4615	0.225	0.013	4.4444	0.396	0.087	2.5263
0.058	0.316	17.1429	0.229	0.004	4.3636	0.400	0.121	2.5000
0.063	0.295	16.0000	0.233	0.002	4.2857	0.404	0.173	2.4742
0.067	0.272	15.0000	0.237	0.005	4.2105	0.408	0.258	2.4490
0.071	0.272	14.1176	0.242	0.014	4.1379	0.412	0.394 <	2.4242
0.075	0.310	13.3333	0.246	0.029	4.0678	0.417	0.551 <	2.4000
0.079	0.418 <	12.6316	0.250	0.048	4.0000	0.421	0.550 <	2.3762
0.083	0.652 <	12.0000	0.254	0.067	3.9344	0.425	0.359 <	2.3529
0.087	1.000 <	11.4286	0.258	0.078	3.8710	0.429	0.194	2.3301
0.092	0.935 <	10.9091	0.263	0.080	3.8095	0.433	0.103	2.3077
0.096	0.503 <	10.4348	0.267	0.080	3.7500	0.438	0.056	2.2857
0.100	0.244	10.0000	0.271	0.086	3.6923	0.442	0.033	2.2642
0.104	0.125	9.6000	0.275	0.107	3.6364	0.446	0.024	2.2430
0.108	0.067	9.2308	0.279	0.152	3.5821	0.450	0.026	2.2222
0.113	0.038	8.8889	0.283	0.229	3.5294	0.454	0.039	2.2018
0.117	0.022	8.5714	0.287	0.306	3.4783	0.458	0.070	2.1818
0.121	0.015	8.2759	0.292	0.282	3.4286	0.463	0.129	2.1622
0.125	0.014	8.0000	0.296	0.178	3.3803	0.467	0.225	2.1429
0.129	0.018	7.7419	0.300	0.096	3.3333	0.471	0.312	2.1239
0.133	0.027	7.5000	0.304	0.051	3.2877	0.475	0.274	2.1053
0.138	0.044	7.2727	0.308	0.028	3.2432	0.479	0.172	2.0870
0.142	0.071	7.0588	0.313	0.020	3.2000	0.483	0.097	2.0690
0.146	0.115	6.8571	0.317	0.023	3.1579	0.487	0.054	2.0513
0.150	0.186	6.6667	0.321	0.036	3.1169	0.492	0.031	2.0339
0.154	0.290	6.4865	0.325	0.067	3.0769	0.496	0.020	2.0168
0.158	0.410 <	6.3158	0.329	0.124	3.0380	0.500	0.017	2.0000
0.163	0.484 <	6.1538	0.333	0.222	3.0000	Mark "<" is used where the value exceeds 95%		
0.167	0.472 <	6.0000	0.338	0.333	2.9630			

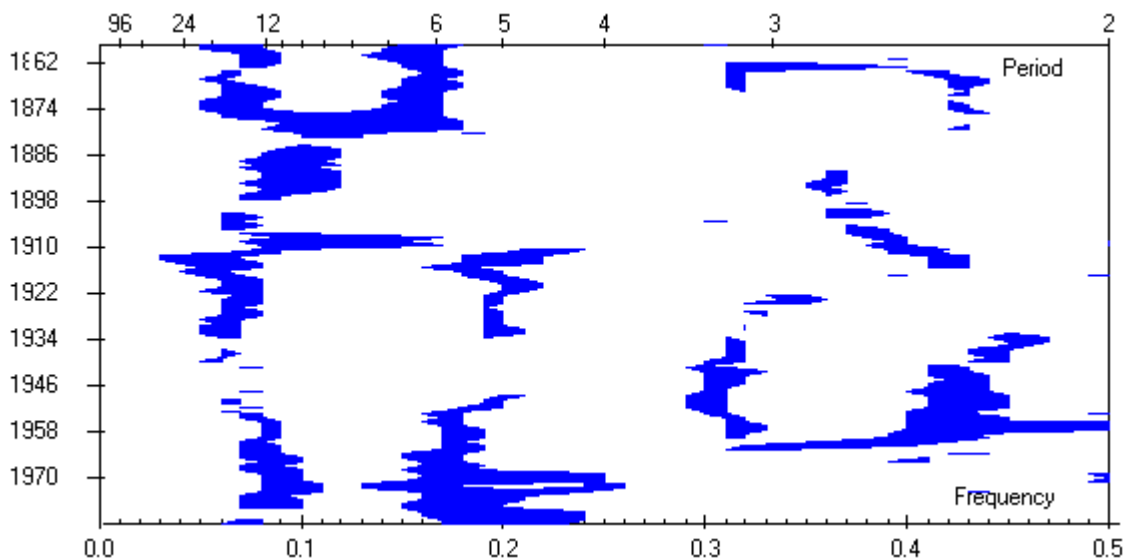


Obr. 5 Spektrogram MESA pro srážky za jarní období v Opavě mezi roky 1857 -2010

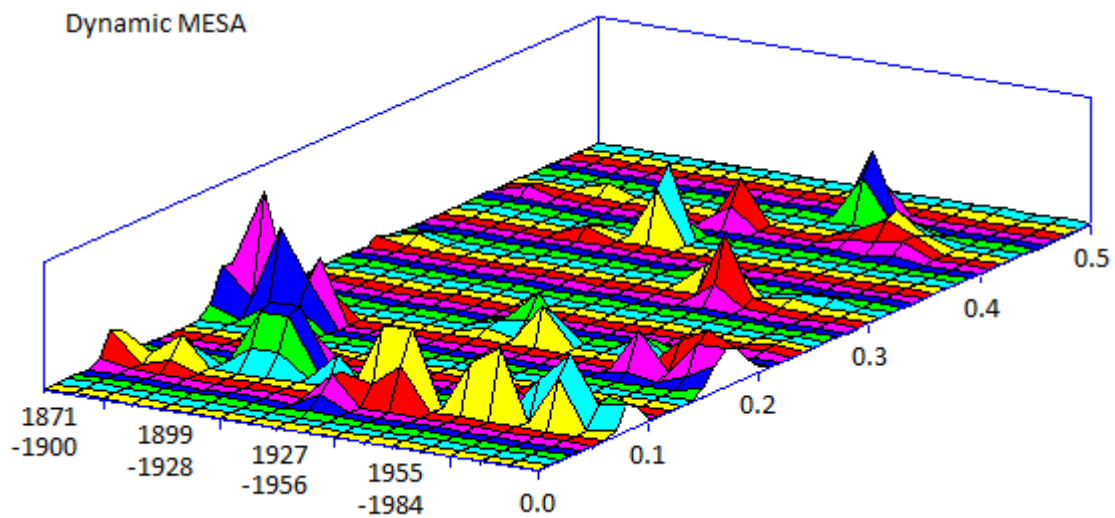
#### Závěr:

Z grafu i z tabulky (označení <) je patrné, že se zde vyskytuje jeden významný cyklus, který má periodu 11,4 roku. Další významné cykly, které překračují hladinu významnosti 95 % jsou 3, a to kolem cca 6 let, 5 a 2,3 let.

#### 1.5 Dynamická MESA



Obr. 6 Dynamická MESA 2D zobrazení (jarní úhmy srážek na stanici Opava, 1857 - 2010)

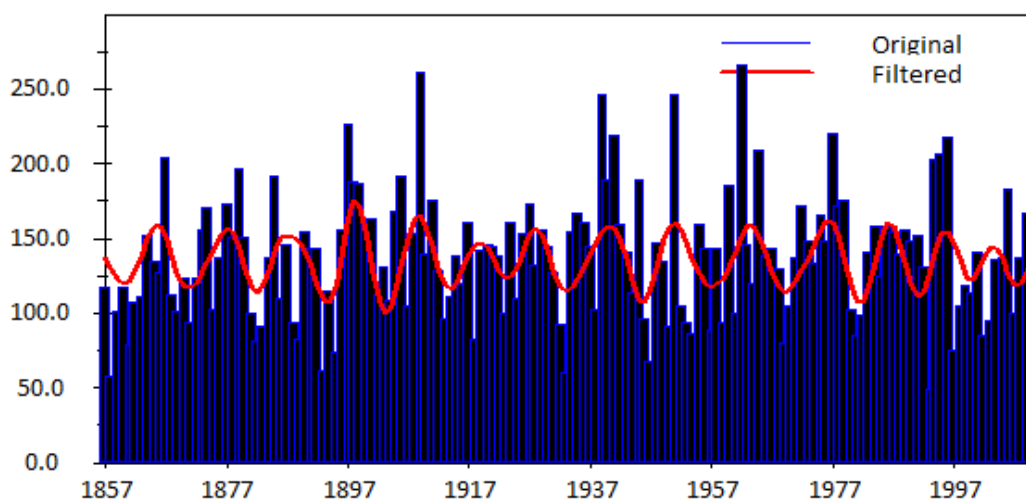


Obr. 7 Dynamická MESA 3D zobrazení (jarní úhrny srážek na stanici Opava, 1857 - 2010)

#### Závěr:

Dynamická MESA nám lépe ukazuje sumy srážek během daného období. Z těchto grafů lze vyčíst, zda například daný cyklus byl silnější pouze v určitém období. Na obrázku 6 je zřetelné, že nejsilnější cyklus, 11, 4-letý byl významný mezi roky 1874 – 1898, a pak také po roce 1970. 6-letý cyklus, měl dvě silnější období, a to 1857 – 1886 a 1950 – současnost. Také zmiňovaný 2,3 letý cyklus byl výrazný během let 1840 až 1858. Na obrázku 7 vidíme cyklus, který zahrnuje střídavě nejdelší období, a to právě kolem frekvence 0,1, což odpovídá 11-12 letému cyklu. Naopak nejvyšší peak najdeme u 6-letého cyklu na začátku měřeného období. Obě vyjádření si tedy odpovídají.

#### 1.6 Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus



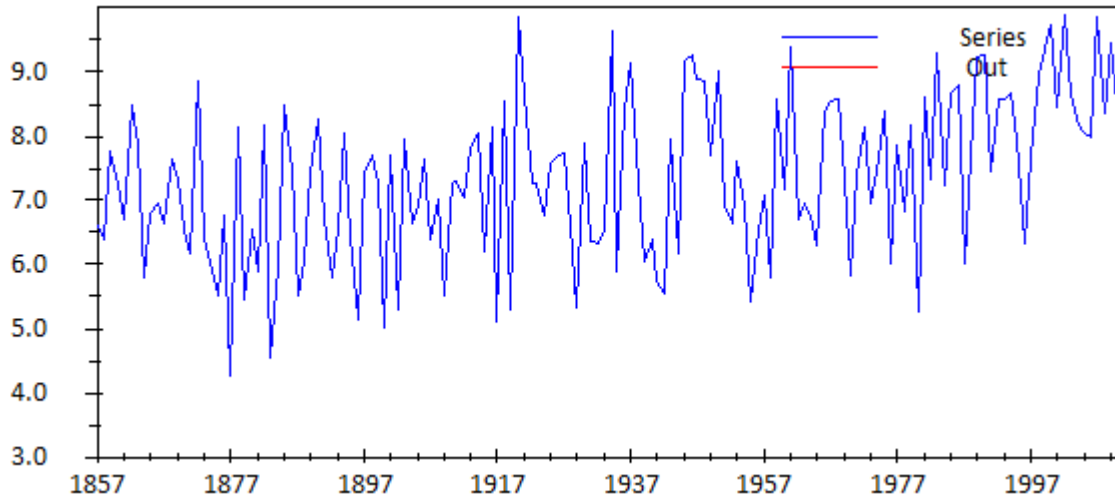
Obr. 8 Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus (11,4 let)

#### Závěr:

Pásmová filtrace slouží k zesílení nejvýznamnějšího cyklu, který byl vybrán výše, tedy 11,4 let. Naopak ty ostatní potlačuje a tím pádem lze daný cyklus lépe zkoumat. Největší výkyvy leží asi mezi roky 1890 – 1910. Celkově dané období není příliš rozkolísané.

## 2 TEPLOTA

### 2.1 Základní statistické charakteristiky



Obr. 9 Chod jarních teplot vzduchu na stanici v Opavě mezi lety 1857 – 2010

Tab. 4 Základní statistické charakteristiky teploty vzduchu v Opavě v jarním období mezi roky 1857-2010

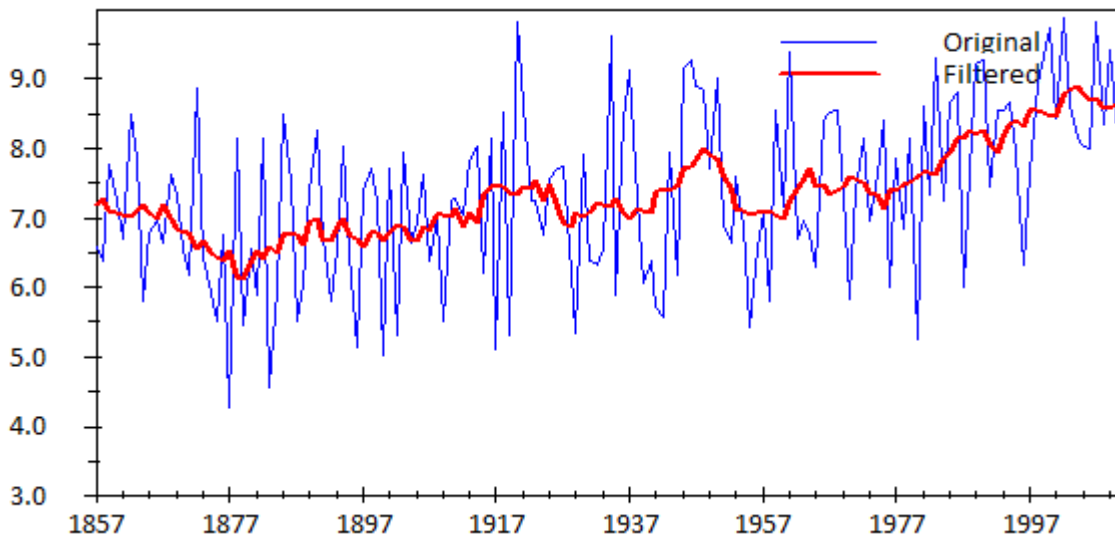
Základní charakteristika teplot MAM 1857-2010	
aritmetický průměr	7.3353
směrodatná odchylka	1.2364
medián	7.3
lineární regresní model (x=Time)	
( $y=b_0+b_1*x$ )	$y = 6.4341+0.0116*x$
T-test for Coefficient b1	T=5.697 <? 1.976 (95%) (SIGNIFICANT)
Trend /10 years	0.116 (out)
Index of Determination (Correlation)	0.1759 (0.4194)
Variance (Residuals+Estimates=Total)	1.2515+0.2672=1.5187

#### Závěr:

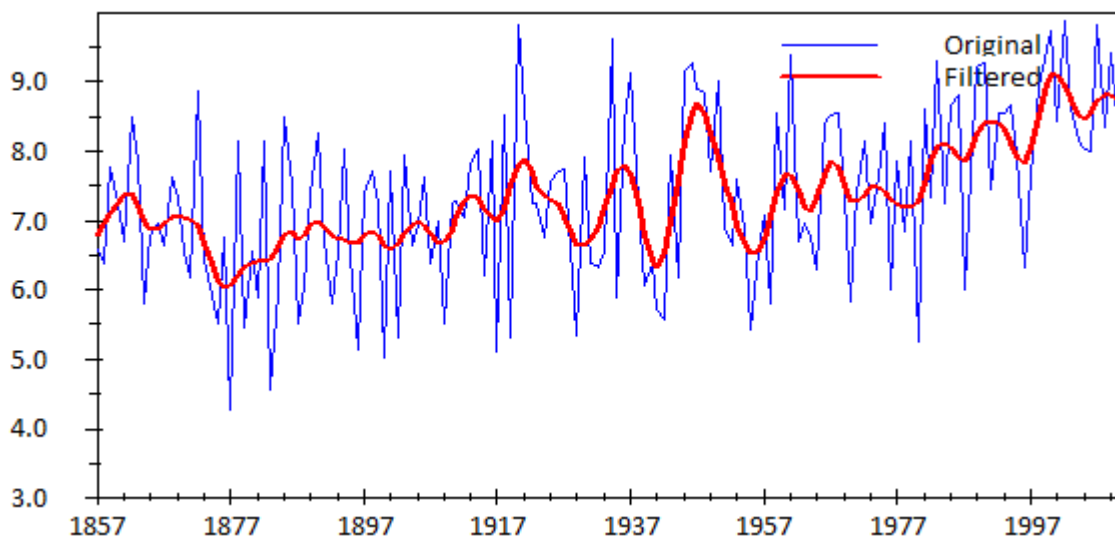
Průměrná teplota vzduchu v jarním období (MAM) v Opavě se pohybovala v daných letech okolo 7,3 °C. Trend oteplení činí 0,116 °C za 10 let (1,16 °C/100 let), což je statisticky významný nárůst. Trend je viditelný i z grafu (Obr. 9). Podobně vysoké teploty jakých dosahují peaky po roce 1997, můžeme vidět i v roce 1921 a 1934.



## 2.2 Shlazení časové řady



Obr. 10 Kolísání časové řady shladené klouzavým průměrem



Obr. 11 Kolísání časové řady shladené Gaussovým filtrem

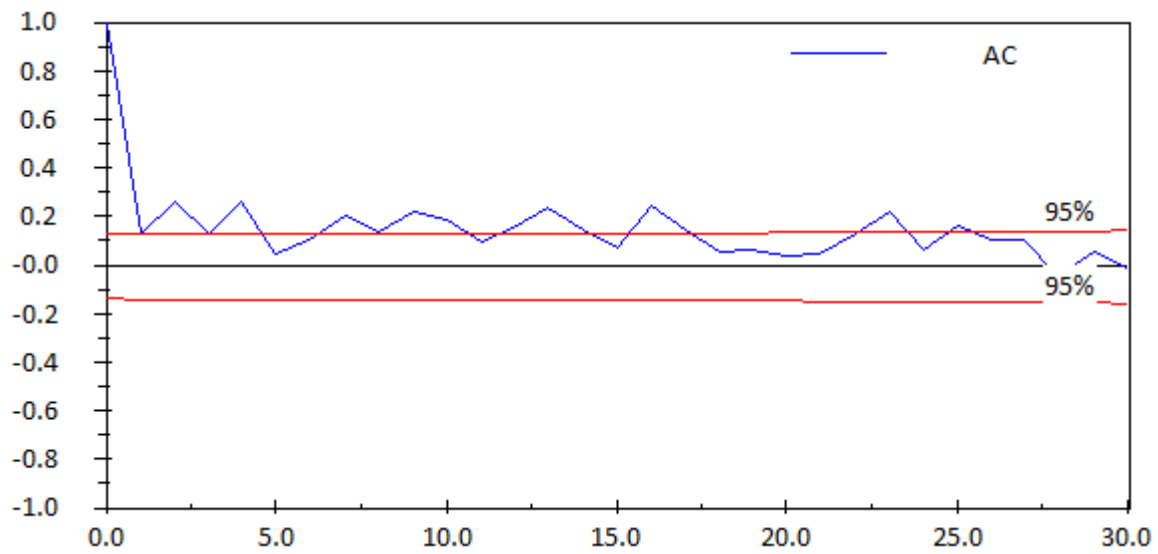
### Závěr:

Stejně jako v případě úhrnů srážek, shladení klouzavým průměrem (po 10 letech) je silnější (Obr. 10, 11). Je zde zřetelně teplé období kolem roku 1949, naopak nejchladnější období bylo kolem roku 1877. I zde je trend vzestupu teploty vzduchu zjevný, a to především po roce 1957.

## 2.3 Koeficienty autokorelace

Tab. 5 Koeficienty autokorelace průměrů teploty vzduchu pro jarní období v Opavě mezi lety 1857 - 2010

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.000 <	0.134 <	0.256 <	0.124	0.264 <	0.040	0.104	0.203 <	0.134 <	0.219 <	0.185 <	0.093	0.151 <	0.236 <	0.149 <	0.075
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
0.243 <	0.149 <	0.056	0.064	0.039	0.047	0.130	0.215 <	0.063	0.156 <	0.101	0.105	-0.042	0.059	-0.010	



Obr. 12 Průběh autokorelační funkce s vyznačením hladiny významnosti 95 %

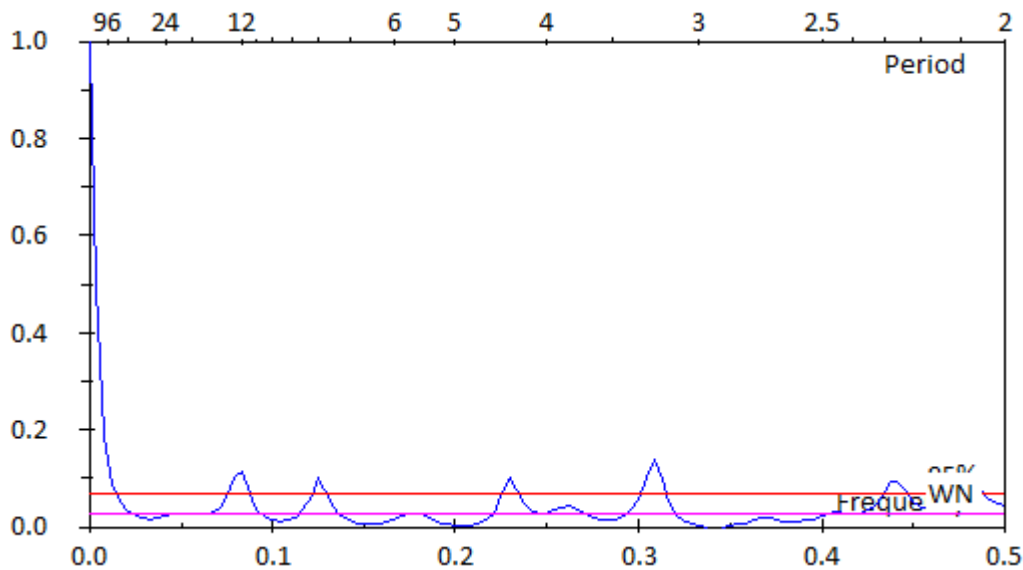
### Závěr:

Jak vidíme na obrázku 12 a v tabulce 5, statisticky významných cyklů zde bude více než tomu bylo u srážek. Hodnota  $\alpha$  byla překročena pouze 1. Hladina významnosti 95 % hned 15 krát, ovšem v celkem pravidelném kroku.

## 2.4 Spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů

Tab. 6 Výsledky spektrální analýzy

frekvence	hodnota	perioda	frekvence	hodnota	perioda	frekvence	hodnota	perioda
0.000	1.000 <	0.0000	0.171	0.020	5.8537	0.342	0.000	2.9268
0.004	0.494 <	240.0000	0.175	0.026	5.7143	0.346	0.000	2.8916
0.008	0.189 <	120.0000	0.179	0.027	5.5814	0.350	0.002	2.8571
0.013	0.088 <	80.0000	0.183	0.022	5.4545	0.354	0.004	2.8235
0.017	0.049	60.0000	0.188	0.014	5.3333	0.358	0.009	2.7907
0.021	0.031	48.0000	0.192	0.008	5.2174	0.362	0.015	2.7586
0.025	0.022	40.0000	0.196	0.005	5.1064	0.367	0.020	2.7273
0.029	0.018	34.2857	0.200	0.003	5.0000	0.371	0.019	2.6966
0.033	0.017	30.0000	0.204	0.003	4.8980	0.375	0.014	2.6667
0.038	0.018	26.6667	0.208	0.004	4.8000	0.379	0.011	2.6374
0.042	0.022	24.0000	0.212	0.007	4.7059	0.383	0.009	2.6087
0.046	0.026	21.8182	0.217	0.014	4.6154	0.388	0.010	2.5806
0.050	0.028	20.0000	0.221	0.030	4.5283	0.392	0.012	2.5532
0.054	0.028	18.4615	0.225	0.066	4.4444	0.396	0.016	2.5263
0.058	0.027	17.1429	0.229	0.103 <	4.3636	0.400	0.023	2.5000
0.063	0.027	16.0000	0.233	0.078 <	4.2857	0.404	0.028	2.4742
0.067	0.030	15.0000	0.237	0.047	4.2105	0.408	0.031	2.4490
0.071	0.039	14.1176	0.242	0.032	4.1379	0.412	0.029	2.4242
0.075	0.061	13.3333	0.246	0.027	4.0678	0.417	0.028	2.4000
0.079	0.101 <	12.6316	0.250	0.028	4.0000	0.421	0.029	2.3762
0.083	0.114 <	12.0000	0.254	0.034	3.9344	0.425	0.034	2.3529
0.087	0.068 <	11.4286	0.258	0.041	3.8710	0.429	0.046	2.3301
0.092	0.035	10.9091	0.263	0.042	3.8095	0.433	0.067	2.3077
0.096	0.020	10.4348	0.267	0.035	3.7500	0.438	0.092 <	2.2857
0.100	0.013	10.0000	0.271	0.026	3.6923	0.442	0.095 <	2.2642
0.104	0.011	9.6000	0.275	0.019	3.6364	0.446	0.073 <	2.2430
0.108	0.013	9.2308	0.279	0.015	3.5821	0.450	0.052	2.2222
0.113	0.019	8.8889	0.283	0.015	3.5294	0.454	0.040	2.2018
0.117	0.033	8.5714	0.287	0.017	3.4783	0.458	0.036	2.1818
0.121	0.066	8.2759	0.292	0.023	3.4286	0.463	0.037	2.1622
0.125	0.104 <	8.0000	0.296	0.035	3.3803	0.467	0.044	2.1429
0.129	0.077 <	7.7419	0.300	0.059	3.3333	0.471	0.057	2.1239
0.133	0.039	7.5000	0.304	0.104 <	3.2877	0.475	0.076 <	2.1053
0.138	0.020	7.2727	0.308	0.139 <	3.2432	0.479	0.090 <	2.0870
0.142	0.012	7.0588	0.313	0.098 <	3.2000	0.483	0.086 <	2.0690
0.146	0.008	6.8571	0.317	0.049	3.1579	0.487	0.070 <	2.0513
0.150	0.007	6.6667	0.321	0.024	3.1169	0.492	0.056	2.0339
0.154	0.007	6.4865	0.325	0.012	3.0769	0.496	0.047	2.0168
0.158	0.008	6.3158	0.329	0.005	3.0380	0.500	0.044	2.0000
0.163	0.010	6.1538	0.333	0.002	3.0000	Mark "<" is used where the value exceeds 95%		
0.167	0.014	6.0000	0.338	0.001	2.9630			

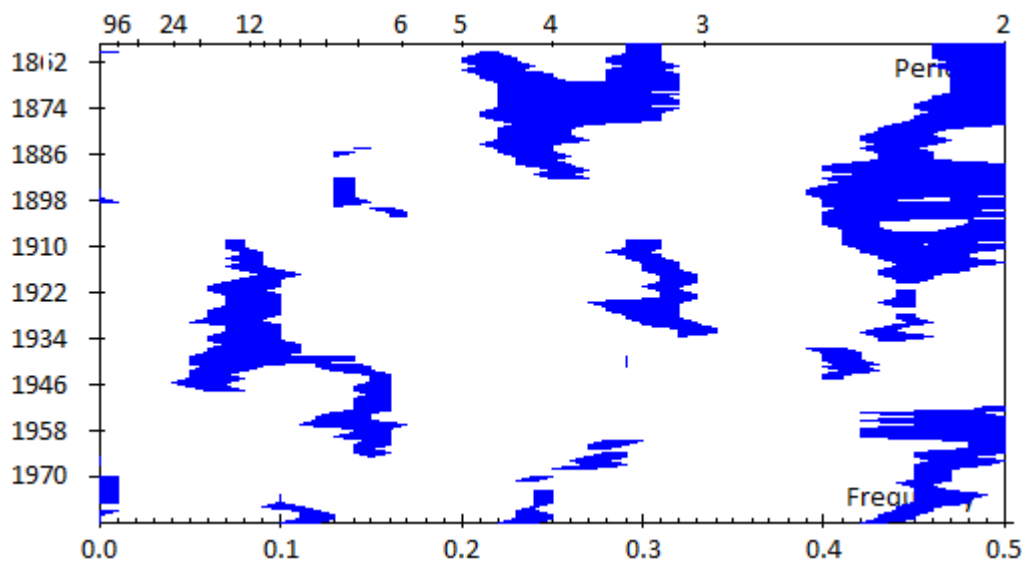


Obr. 13 Spektrogram MESA pro teplotu vzduchu za jarní období v Opavě mezi roky 1857 -2010

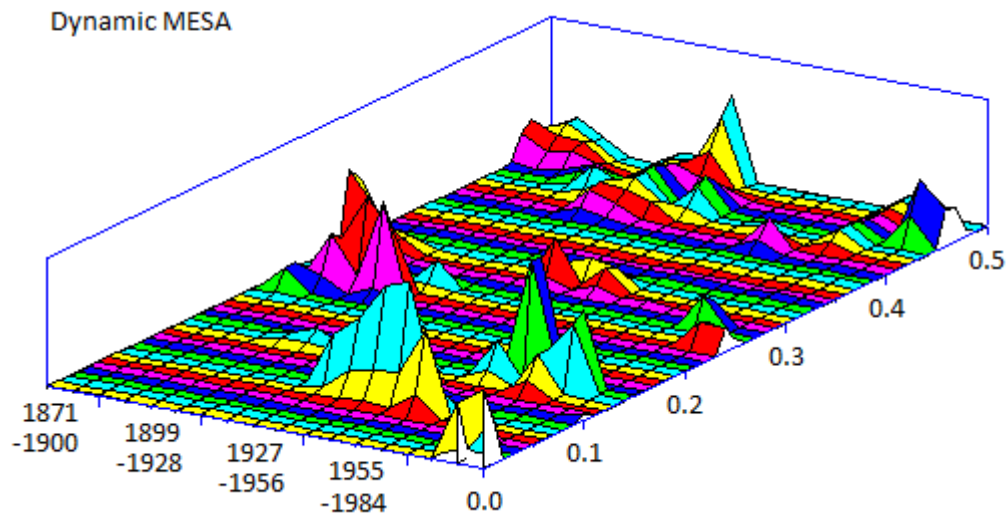
#### Závěr:

V případě spektrální analýzy teploty vzduchu v Opavě bylo zjištěno více statisticky významných cyklů, a to zhruba v 7 případech. Zde byla překročena hladina významnosti 95 %. Významný perioda je 240 a 220 let, ta ovšem kvůli rozsahu dat nebude brána tolik v potaz jako perioda 3,2 let, která jinak dosahuje nejvyšších hodnot. Další významné periody jsou kolem 12, 8, 4,3, 2,3 a 2 let.

#### 2.5 Dynamická MESA



Obr. 14 Dynamická MESA 2D zobrazení (jarní průměry teplot vzduchu na stanici Opava, 1857 - 2010)

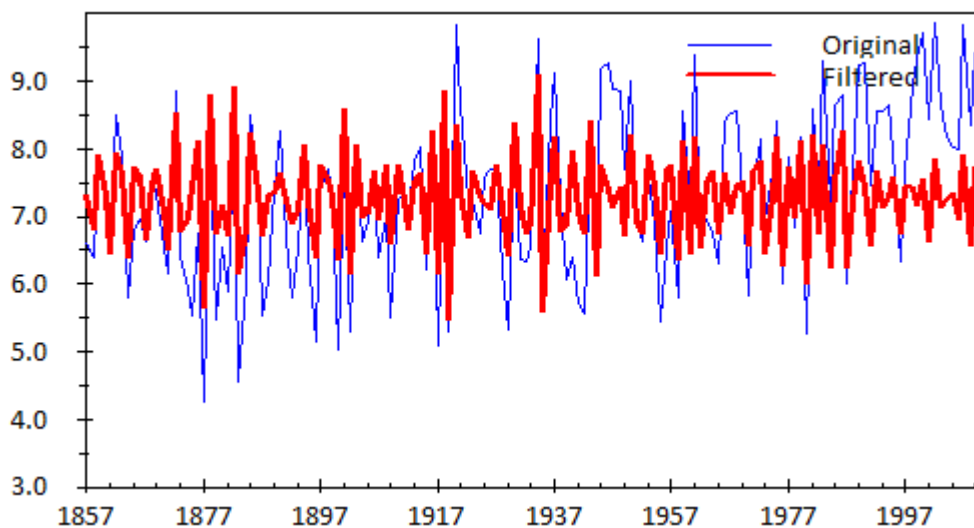


Obr. 15 Dynamická MESA 3D zobrazení (jarní průměry teplot vzduchu na stanici Opava, 1857 - 2010)

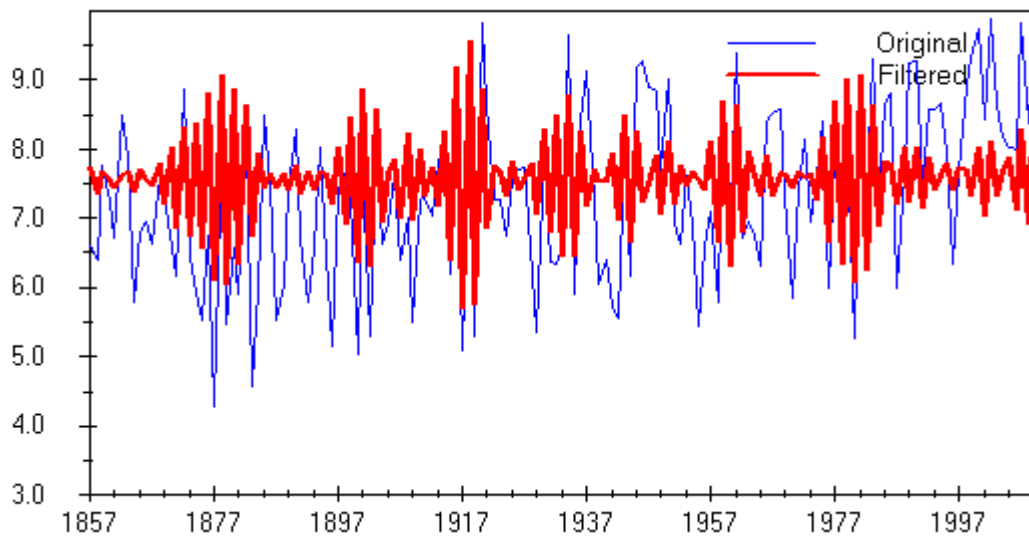
### Závěr:

Ač vyšla nejvyšší hodnota u cyklu 3,2 let, z obou grafů (Obr. 14 a 15) je zjevné, že v celém období byla nejsilnější cykličnost kolem 2 – 2,3 let! A to v podstatě v celém měřeném intervalu s mezerou mezi lety cca 1946-1958. Cyklus 3,2 let byl významný především v letech 1857 – 1874. Třetím výrazným cyklem na grafech je perioda 12,8 let, která se vyskytovala mezi roky 1910-1940.

### 2.6 Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus



Obr. 16 Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus (3,2 let)



Obr. 17 Pásmová filtrace pro statisticky významný cyklus (2.3 let)

**Závěr:**

Pásmová filtrace byla provedena pro dva významné cykly. Jako první byl použit statisticky nejvýznamnější cyklus 3,2 let, kde výkyvy nejsou tak jasně ohraničené jako u cyklu 2,3 let. Zde jsou zřetelné výkyvy kolem roku 1877, 1900, 1917, 1937, 1945, 1957 a 1977. Dá se tedy říct, že v nějakých pravidelných intervalech skoro po celou dobu daného měření.

