

## 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 srovnajte, 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. Ke každému bodu přiložte odpovídající tabulky a grafy a napište stručný závěr.

### Vypracování:

#### 1. kladní statistické charakteristiky



Statistical Characteristics for Single Series: Summer

> brno\_precip.txt (1803-2010) :

Length of the Series : 208

**Arithmetic Mean : 193.8091**

Standard Deviation : 60.3697

Variance : 3644.5042

**Coefficient of Variance: 31.15%**

Coefficient of Skew : 0.1797

Coefficient of Kurtosis : -0.1814

Maximal Value : 383.0 (1970)

Minimal Value : 63.7 (1863)

1st Quartile (25%) : 150.6

**Median : 193.5**

3rd Quartile (75%) : 235.1

Outliers : 1970 (383.0),

Extremes : /

Kolmogorov-Smirnov test for Normal Distribution:

: D= 0.034 (p=0.974, O.K.)

**Linear Regression Model (x=Time):**

**(y=b<sub>0</sub>+b<sub>1</sub>\*x): y = 185.3491+0.0810\*x**

**T-test for Coefficient b<sub>1</sub> : T=1.162 <? 1.971 (95%)**

**: (NON significant)**

**Trend /10 years: 0.810**

**Index of Determination (Correlation): 0.0065 (0.0807)**

**Variance (Residuals+Estimates=Total) : 3603.3537+23.6289=3626.9826**

:

Tests of Randomness (general):

Serial Correlation Coefficient  $r_1$  :

:  $r_1 = 0.055 < r_1(Tg_{95\%}) = 0.109$  (O.K.)

Von Neumann Ratio  $V$  :

:  $V = 1.885 > V(Tg_{95\%}) = 1.782$  (O.K.)

:

Test of Randomness (against Trend):

Spearman Rank Statistic  $r_s$  :

:  $r_s = 0.077, t = 1.110 < T_{krit_{97.5\%}} = 1.971$  (O.K.)

: Degrees of Freedom: 206

Mann-Kendall Rank Statistic :

:  $t = 0.052 < T_{krit_{95\%}} = 0.091$  (O.K.)

Confidence Intervals 95% :

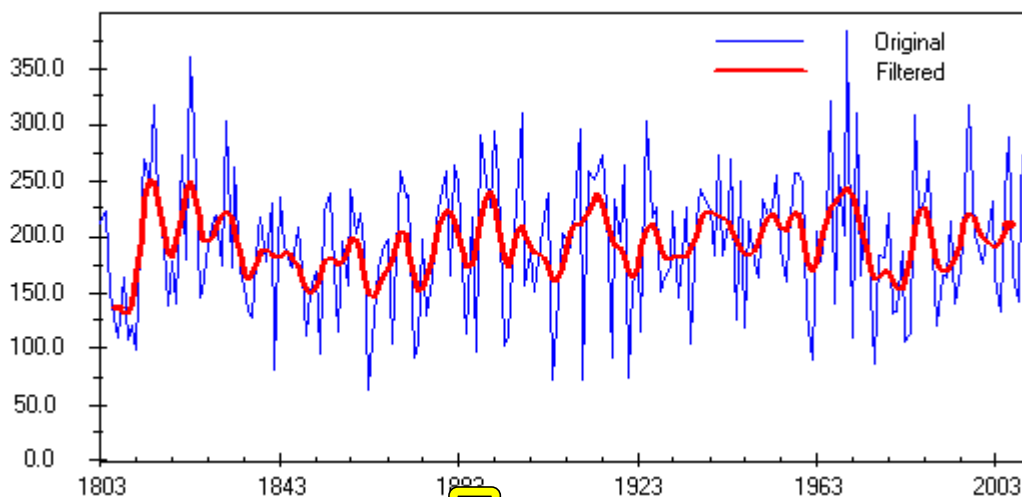
Arithm. Mean: (185.605 , 202.013)

(Statistics are estimations of parameters of population) :

(Source: Like, 1983)

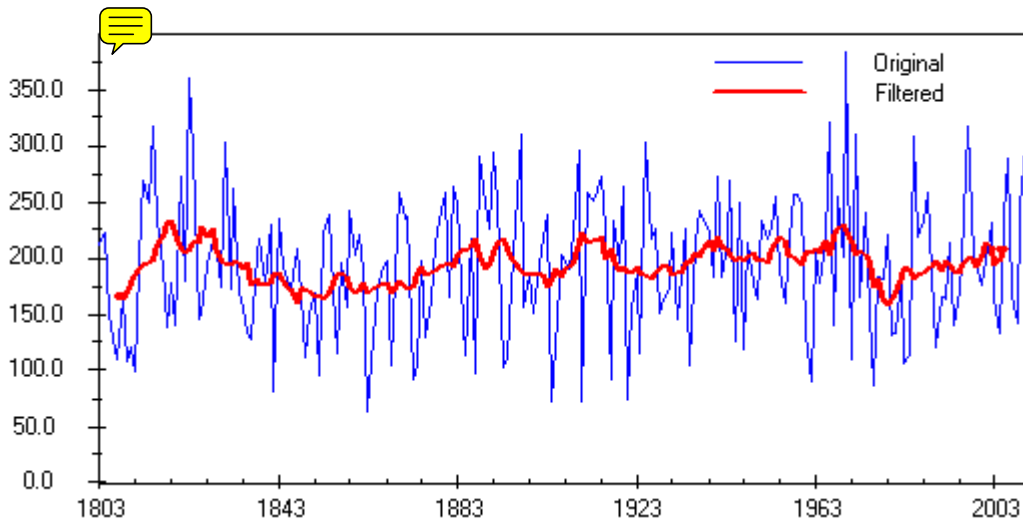
**Závěr** Letní suma srážek by měla narůstat o 8,1 mm za 100 let, což znamená, že je trend statisticky nevýznamný.

## 2. Kolísání časové řady shlazené Gaussovým filtrem a klouzavým průměrem



**Obr. 1** Kolísání časové řady shlazené Gaussovým filtrem.

**Závěr:** Z grafu vyplývá, že více či méně vlhčí nebo sušší období se střídali poměrně pravidelně, co každých 5 let. Větší skoky mezi suššími a vlhčími obdobími je ale možné sledovat hned v počátku řady kolem roku 1810 a dále potom ve 20. letech 20. století, stejně jako kolem roku 1970.



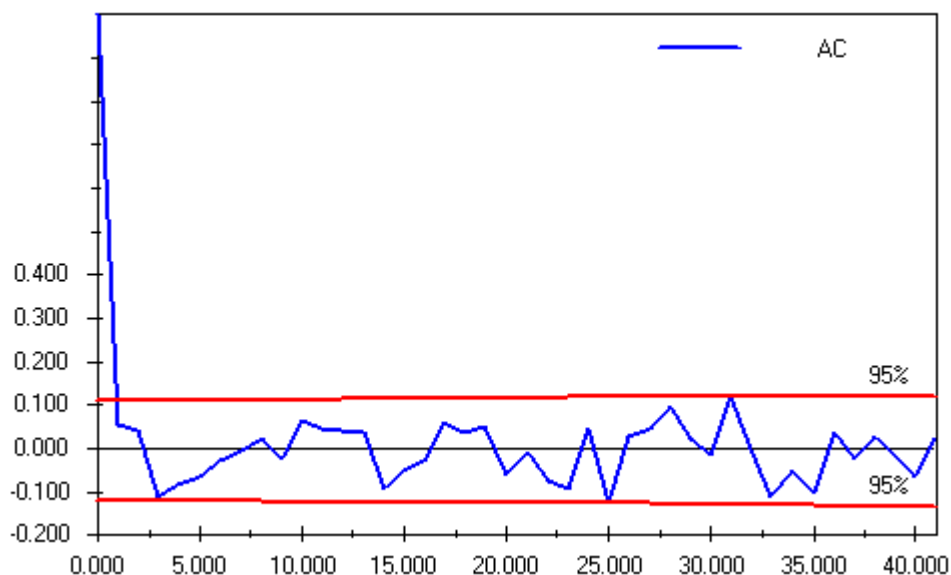
**Obr. 2** Kolísání časové řady shlazené klouzavými průměry.

**Závěr:** Shlazení řady podle metody klouzavých průměrů zgeneralizovalo kolísání řady více než předchozí metoda. Větší výchylka kolem 20. let byla zhlazena, nicméně bylo zvýrazněno suché období po roce 1970. Ostatní extrémy jsou daleko méně čitelné.

### 3. Koeficient autokorelace

Lag	Values
0	1.00000 <
1	0.05465
2	0.04087
3	-0.11453
4	-0.08100
5	-0.06192
6	-0.02709
7	-0.00702
8	0.02250
9	-0.02063
10	0.06334
11	0.04491
12	0.04084
13	0.03735
14	-0.09523
15	-0.05522
16	-0.02738
17	0.05809
18	0.03726
19	0.05103
20	-0.06062
21	-0.00983
22	-0.07576
23	-0.09611
24	0.04591
25	-0.12702
26	0.02494
27	0.04581
28	0.09551
29	0.02099
30	-0.01170
31	0.11739
32	-0.00264
33	-0.11277
34	-0.05331
35	-0.09984
36	0.03875
37	-0.02179
38	0.02630
39	-0.01458
40	-0.06590
41	0.02210

Mark "<" is used where the value exceeds 95%



**Obr. 3** Průběh autokorelační funkce s vyznačením hladiny významnosti 95 %. (Pozn. z nějakého důvodu, když jsem změnila parametry grafu, se přestaly objevovat na ose Y hodnoty od 0.5 po 1...)

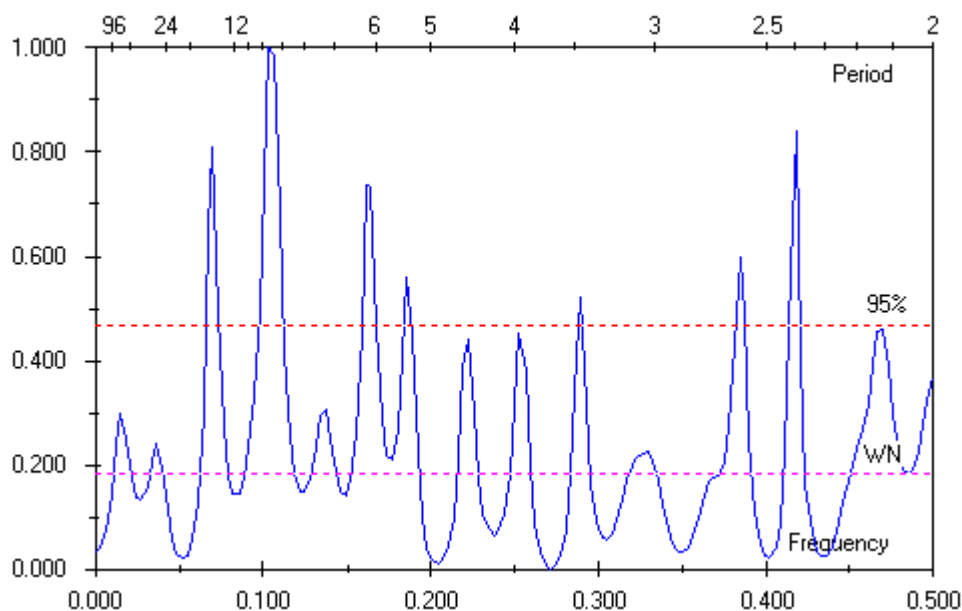
**Závěr:** Pro zhodnocení autokorelační funkce v čase je nutné využít 95 % meze spolehlivosti. Při pohledu na graf (a předešlé hodnoty) je jasné, že mez spolehlivosti nebyla v žádném bodu překročena, pouze se jí hodnoty někdy přiblížily. Nulová hodnota zde byla několikrát překročena, z čehož se dá usoudit, že vzájemná závislost po sobě jdoucích hodnot je velmi malá a značí to, že v analyzované řadě se projevuje nepravidelný cyklus.

#### 4. Spektrální analýza (MESA) a testování statistické významnosti cyklů

Frequencies + Values + Periods			
0.00000:	0.03192 ;	0.000000	0.07317 : 0.49178 <; 13.666667
0.00305:	0.04141 ;	328.000000	0.07622 : 0.27464 ; 13.120000
0.00610:	0.07388 ;	164.000000	0.07927 : 0.18008 ; 12.615385
0.00915:	0.14061 ;	109.333333	0.08232 : 0.14553 ; 12.148148
0.01220:	0.24157 ;	82.000000	0.08537 : 0.14524 ; 11.714286
0.01524:	0.30044 ;	65.600000	0.08841 : 0.17247 ; 11.310345
0.01829:	0.24919 ;	54.666667	0.09146 : 0.23038 ; 10.933333
0.02134:	0.17594 ;	46.857143	0.09451 : 0.33050 ; 10.580645
0.02439:	0.13609 ;	41.000000	0.09756 : 0.49408 <; 10.250000
0.02744:	0.13119 ;	36.444444	0.10061 : 0.74124 <; 9.939394
0.03049:	0.15790 ;	32.800000	0.10366 : 1.00000 <; 9.647059
0.03354:	0.20877 ;	29.818182	0.10671 : 0.98712 <; 9.371429
0.03659:	0.24017 ;	27.333333	0.10976 : 0.68478 <; 9.111111
0.03963:	0.19436 ;	25.230769	0.11280 : 0.41398 ; 8.864865
0.04268:	0.11518 ;	23.428571	0.11585 : 0.25858 ; 8.631579
0.04573:	0.05888 ;	21.866667	0.11890 : 0.18062 ; 8.410256
0.04878:	0.02975 ;	20.500000	0.12195 : 0.14856 ; 8.200000
0.05183:	0.02025 ;	19.294118	0.12500 : 0.14845 ; 8.000000
0.05488:	0.02756 ;	18.222222	0.12805 : 0.17705 ; 7.809524
0.05793:	0.05674 ;	17.263158	0.13110 : 0.23283 ; 7.627907
0.06098:	0.12782 ;	16.400000	0.13415 : 0.29434 ; 7.454545
0.06402:	0.29804 ;	15.619048	0.13720 : 0.30515 ; 7.288889
0.06707:	0.65291 <;	14.909091	0.14024 : 0.25017 ; 7.130435
0.07012:	0.80793 <;	14.260870	0.14329 : 0.18593 ; 6.978723
			0.14634 : 0.14778 ; 6.833333
			0.14939 : 0.14149 ; 6.693878
			0.15244 : 0.17202 ; 6.560000
			0.15549 : 0.25999 ; 6.431373
			0.15854 : 0.45291 ; 6.307692
			0.16159 : 0.73758 <; 6.188679
			0.16463 : 0.73407 <; 6.074074
			0.16768 : 0.46378 ; 5.963636
			0.17073 : 0.28824 ; 5.857143
			0.17378 : 0.21662 ; 5.754386
			0.17683 : 0.21176 ; 5.655172
			0.17988 : 0.26945 ; 5.559322
			0.18293 : 0.40822 ; 5.466667
			0.18598 : 0.56155 <; 5.377049
			0.18902 : 0.44938 ; 5.290323
			0.19207 : 0.22611 ; 5.206349
			0.19512 : 0.10028 ; 5.125000
			0.19817 : 0.04234 ; 5.046154
			0.20122 : 0.01723 ; 4.969697
			0.20427 : 0.01041 ; 4.895522
			0.20732 : 0.01811 ; 4.823529
			0.21037 : 0.04373 ; 4.753623
			0.21341 : 0.09999 ; 4.685714
			0.21646 : 0.21331 ; 4.619718
			0.21951 : 0.38707 ; 4.555556
			0.22256 : 0.44306 ; 4.493151

0.22561 : 0.30360 ; 4.432432	0.32317 : 0.21349 ; 3.094340	0.42073 : 0.40915 ; 2.376812
0.22866 : 0.17607 ; 4.373333	0.32622 : 0.22120 ; 3.065421	0.42378 : 0.16412 ; 2.359712
0.23171 : 0.10680 ; 4.315789	0.32927 : 0.22325 ; 3.037037	0.42683 : 0.07173 ; 2.342857
0.23476 : 0.07461 ; 4.259740	0.33232 : 0.20916 ; 3.009174	0.42988 : 0.03502 ; 2.326241
0.23780 : 0.06549 ; 4.205128	0.33537 : 0.17114 ; 2.981818	0.43293 : 0.02294 ; 2.309859
0.24085 : 0.07550 ; 4.151899	0.33841 : 0.12111 ; 2.954955	0.43598 : 0.02584 ; 2.293706
0.24390 : 0.10904 ; 4.100000	0.34146 : 0.07777 ; 2.928571	0.43902 : 0.04150 ; 2.277778
0.24695 : 0.18103 ; 4.049383	0.34451 : 0.04902 ; 2.902655	0.44207 : 0.07021 ; 2.262069
0.25000 : 0.31373 ; 4.000000	0.34756 : 0.03451 ; 2.877193	0.44512 : 0.11082 ; 2.246575
0.25305 : 0.45330 ; 3.951807	0.35061 : 0.03245 ; 2.852174	0.44817 : 0.15652 ; 2.231293
0.25610 : 0.38025 ; 3.904762	0.35366 : 0.04244 ; 2.827586	0.45122 : 0.19707 ; 2.216216
0.25915 : 0.19980 ; 3.858824	0.35671 : 0.06549 ; 2.803419	0.45427 : 0.23041 ; 2.201342
0.26220 : 0.08811 ; 3.813953	0.35976 : 0.10117 ; 2.779661	0.45732 : 0.26675 ; 2.186667
0.26524 : 0.03351 ; 3.770115	0.36280 : 0.14091 ; 2.756303	0.46037 : 0.31905 ; 2.172185
0.26829 : 0.00840 ; 3.727273	0.36585 : 0.16700 ; 2.733333	0.46341 : 0.39043 ; 2.157895
0.27134 : 0.00000 ; 3.685393	0.36890 : 0.17363 ; 2.710744	0.46646 : 0.45553 ; 2.143791
0.27439 : 0.00463 ; 3.644444	0.37195 : 0.17819 ; 2.688525	0.46951 : 0.45912 ; 2.129870
0.27744 : 0.02521 ; 3.604396	0.37500 : 0.20419 ; 2.666667	0.47256 : 0.38817 ; 2.116129
0.28049 : 0.07451 ; 3.565217	0.37805 : 0.27731 ; 2.645161	0.47561 : 0.29788 ; 2.102564
0.28354 : 0.18717 ; 3.526882	0.38110 : 0.42968 ; 2.624000	0.47866 : 0.23004 ; 2.089172
0.28659 : 0.40963 ; 3.489362	0.38415 : 0.60020 <; 2.603175	0.48171 : 0.19212 ; 2.075949
0.28963 : 0.52107 <; 3.452632	0.38720 : 0.48568 <; 2.582677	0.48476 : 0.18038 ; 2.062893
0.29268 : 0.31945 ; 3.416667	0.39024 : 0.24516 ; 2.562500	0.48780 : 0.19192 ; 2.050000
0.29573 : 0.16241 ; 3.381443	0.39329 : 0.11065 ; 2.542636	0.49085 : 0.22605 ; 2.037267
0.29878 : 0.09048 ; 3.346939	0.39634 : 0.05004 ; 2.523077	0.49390 : 0.28005 ; 2.024691
0.30183 : 0.06173 ; 3.313131	0.39939 : 0.02540 ; 2.503817	0.49695 : 0.33818 ; 2.012270
0.30488 : 0.05666 ; 3.280000	0.40244 : 0.02212 ; 2.484848	0.50000 : 0.36523 ; 2.000000
0.30793 : 0.06862 ; 3.247525	0.40549 : 0.03919 ; 2.466165	
0.31098 : 0.09543 ; 3.215686	0.40854 : 0.08998 ; 2.447761	
0.31402 : 0.13328 ; 3.184466	0.41159 : 0.22346 ; 2.429630	
0.31707 : 0.17196 ; 3.153846	0.41463 : 0.57463 <; 2.411765	
0.32012 : 0.19930 ; 3.123810	0.41768 : 0.84210 <; 2.394161	

Mark "<" is used where the value exceeds 95%

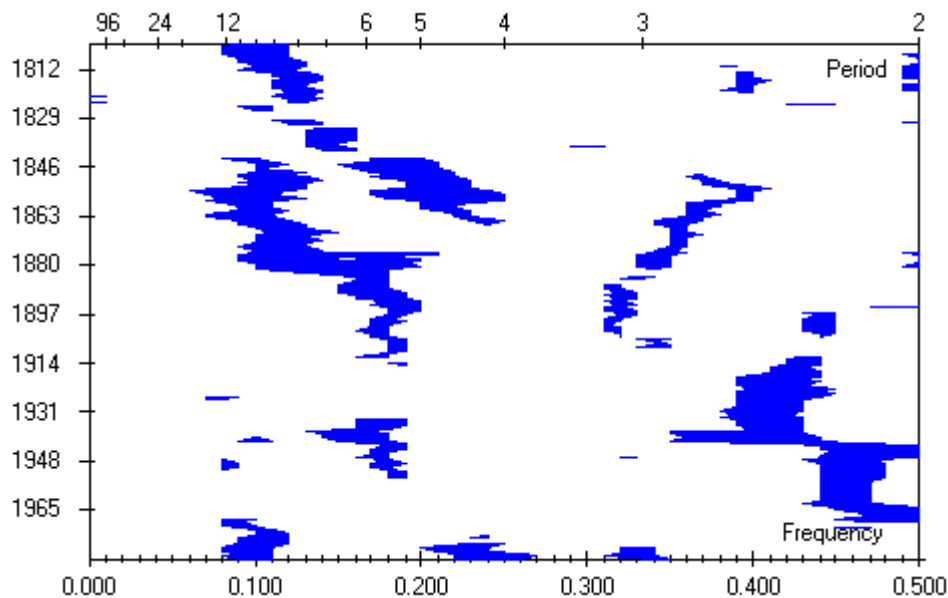


Obr. 4 Spektrogram MESA.

#### Závěr:

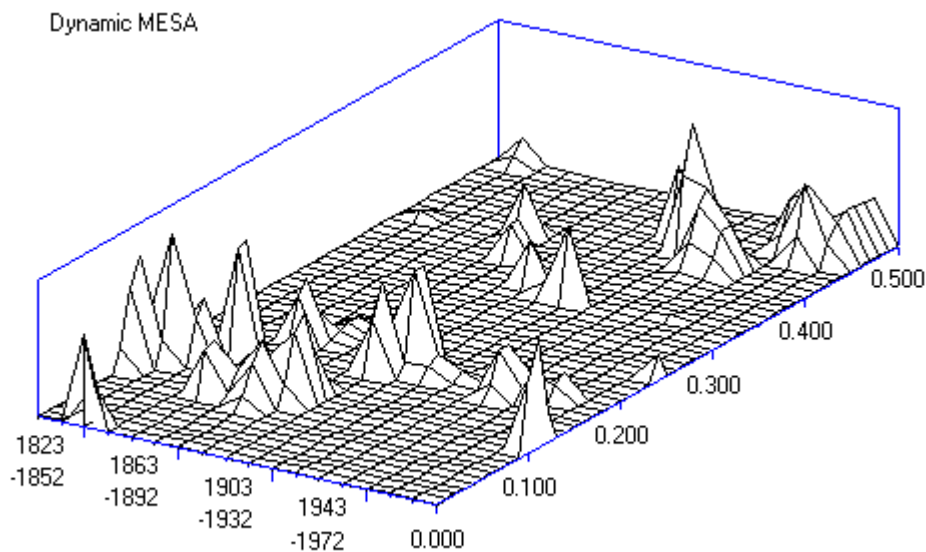
Z grafů a tabulky je patrné, že nejvýznamnější cykly jsou zhruba v periodě 9,6-9,9 let, následují cykly s periodou kolem 14 let a samozřejmě se projevují i cykly kolem 2,4 let. Další cykly nemají již tak výrazný průběh.

## 5. Dynamická MESA



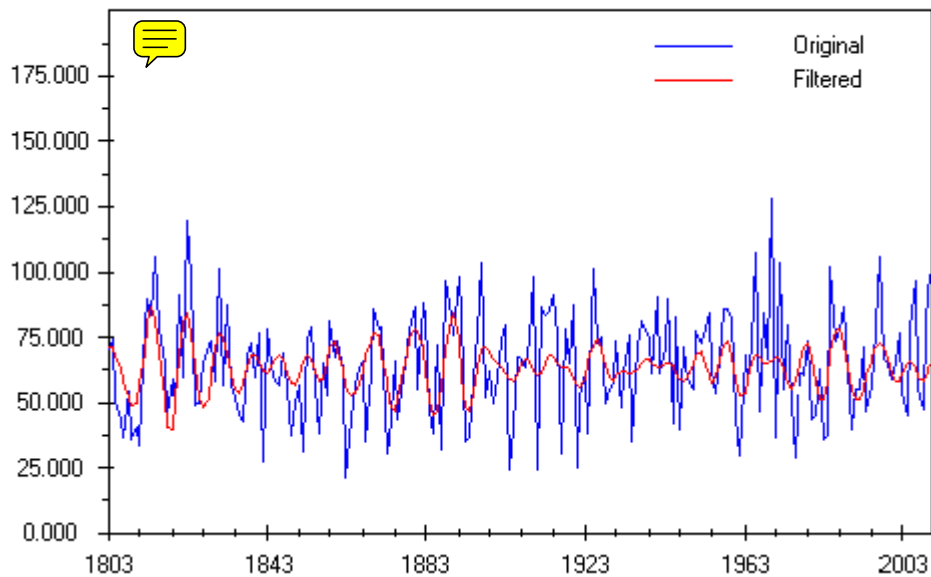
**Obr. 5** Dynamická MESA ve 2D (významné cykly).

**Závěr:** Tento graf zobrazuje rozsah statisticky významných period a jejich vývoj v čase. Je patrné, že zde není žádný stabilní cyklus. Zdá se, že tu je více cyklů. Ten nejlépe čitelný osciluje v rozmezí 2-3 let (od počátku 20. století) a další oscilují od 4-6 let, či 6-12 let (v letech 1846-1900), což se jeví jako poměrně velký interval, ale z grafu to tak je možné pochopit. Graf ve 3D níže ukazuje stejné rozložení period jako graf ve 2D.



**Obr. 6** Dynamická MESA ve 3D (významné cykly).

## 6. Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus



**Obr. 7** Pásmová filtrace pro statisticky nejvýznamnější cyklus.

**Závěr:** Pásmová filtrace maximálně zesiluje zkoumanou periodu a potlačuje tak ostatní. Tím umožňuje její detailní studium. Nejvýznamnější jsou tedy výkyvy v letech zhruba 1811-1819, 1883-1892 a poté třeba 1979-1985. Nejméně rozkolísané období je v začátku 20. století.

