

# Vztahy mezi pohybem Slunce a geomagnetickou a sluneční aktivitou od r. 1844

I. Charvátová, J. Střeštík, Geofyzikální ústav AV ČR Praha, ČR, [ich@ig.cas.cz](mailto:ich@ig.cas.cz),  
[jstr@ig.cas.cz](mailto:jstr@ig.cas.cz)

## Abstrakt

Pohyb Slunce je vytvářen proměňujícím se rozložením obřích planet. Řada geomagnetického indexu *aa* a řada Wolfových čísel slunečních skvrn *W* byly zpracovány ve třech intervalech vztahujících se ke třem intervalům pohybu Slunce kolem barycentra o různých vlastnostech: 1844-1907, 1907-1957 a 1957-2005, resp. 1844-1913, 1913-1964 a 1964-2005, kde roky 1913 a 1964 jsou roky minim slunečních cyklů. V prostředním intervalu se Slunce pohybuje po stabilní „trojlístkové“ dráze, kde pohyb po jednom lístku (oblouku) trvá 10 let ( $JS/2$ ). Dráhy Slunce v intervalu prvním a třetím jsou neuspořádaného charakteru a navzájem se od sebe liší. Byly zkoumány periodicity a trendy geomagnetické a sluneční aktivity v uvedených intervalech. Ve středním intervalu je u obou jevů dominantní periodou 10,1 let a spektra period pro *W* i *aa* jsou si velmi podobná. Dominantní periodou sluneční aktivity v prvním intervalu je perioda 11,4 let, ve třetím 10,7 let, u *aa*-indexu je to 11,3 resp. 10,8 let. Spektra pro *W* a *aa* se od sebe značně liší. V prostředním intervalu dlouhodobý trend *aa*-indexu nejlépe vystihuje přímka o směrnici 0,21, trend sluneční aktivity také přímka se směrnici 1,10. Délka slunečních cyklů ve druhém intervalu je, na rozdíl od prvního a třetího intervalu, prakticky konstantní, průměrně 10,1 let. Nejvýstižnějším trendem pro první interval je polynom druhého stupně prakticky shodný pro *W* i *aa*, ve třetím intervalu polynom třetího stupně různý pro *W* a *aa*. Závěrem lze konstatovat, že také geomagnetická aktivita vykazuje znaky, které ukazují na možný vliv pohybu Slunce podobně, ale poněkud odlišně, než je tomu u aktivity sluneční.

## 1. Úvod

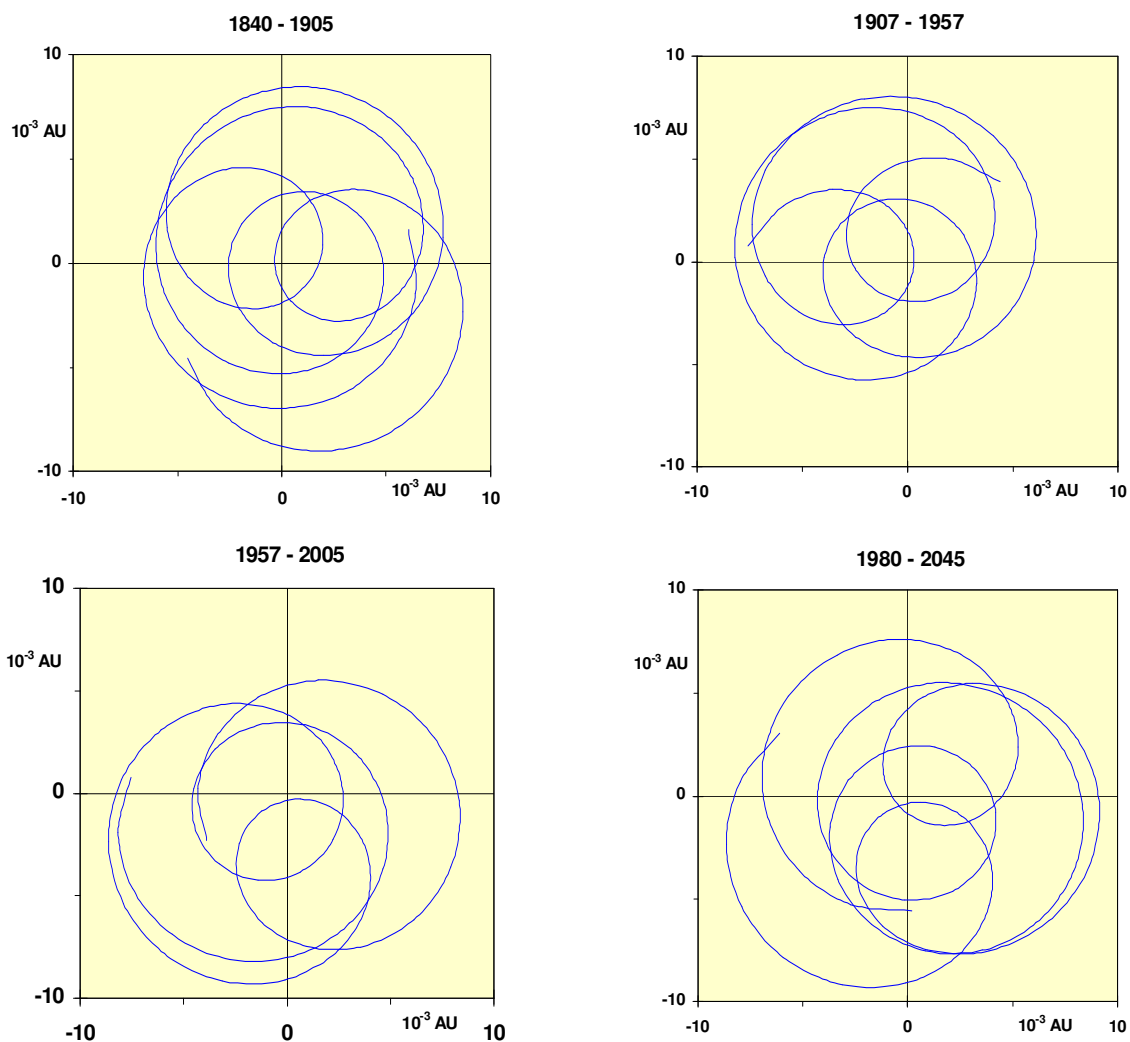
Důležité vlastnosti slunečního pohybu (vlivem obřích planet Jupiter (J), Saturn (S), Uran (U), Neptun (N) ) kolem barycentra slunečního systému byly publikovány Charvátovou (1990a,b, 1997a,b, 2000) nebo Charvátovou a Střeštíkem (1991, 1994). Charvátová (1990a,b) rozdělila sluneční pohyb na dva základní typy, uspořádaný do trojlístku (JS) a neuspořádaný (chaotický). V práci Charvátová a Střeštík (1991) je ukázáno, že Slunce vchází do trojlístků vždy po 178,7 letech. Slunce se pohybuje uvnitř oblasti o průměru  $4,34 \times 10^{-3}$  AU. Pohybuje-li se po trojlístku, tato oblast se redukuje na  $3,5 \times 10^{-3}$  AU. Intervaly chaotického pohybu Slunce souhlasí s dlouhodobými minimy sluneční aktivity, jako byla minima Wolfova, Spörerovo, Maunderovo, Daltonovo.

Všechny naše výsledky ukazují, že sluneční pohyb je s vysokou pravděpodobností zdrojem sluneční proměnlivosti. Tento pohyb je počitatelný do budoucnosti. Tím se otevírá možnost stanovit predikční odhady. Předpověď výšky cyklu 23 byla úspěšná (Charvátová 1990a,b, 2000).

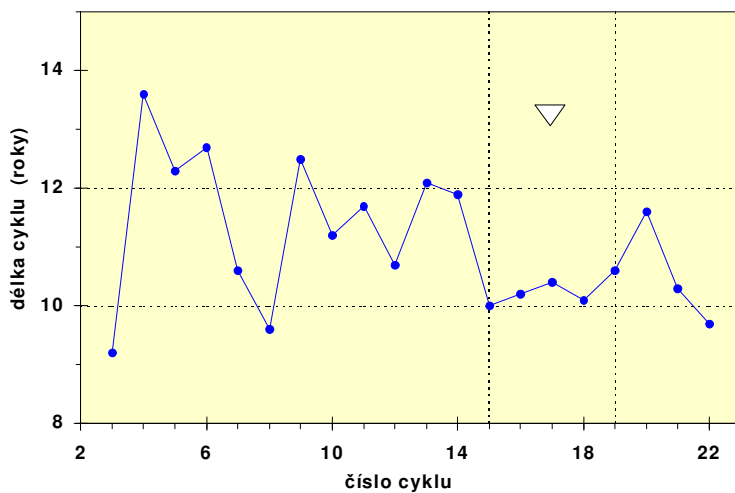
Ve dvacátém století se trojlístek v pohybu Slunce objevuje v letech 1906-1957, tomu odpovídají cykly č. 15-19. Délka těchto cyklů je stabilně rovná přibližně 10 letům, tj. době oběhu Slunce po jednom lístku (oblouku), průměrně 10,1 let (Charvátová 1990b, 1997a, 2000). Délky byly vzaty z databáze NGDC. Bennestad (2005, obr.2) počítal délky slunečních cyklů několika metodami a v intervalu cyklů 15-19 vždy došel ke konstantní hodnotě 10 let.

Časová řada indexu *aa* je k dispozici od roku 1868 (denní a měsíční hodnoty). Nevanlinna a Kataja (1993) prodloužili tuto řadu (pouze roční hodnoty) zpět až k roku 1844, a to na základě finských měření.

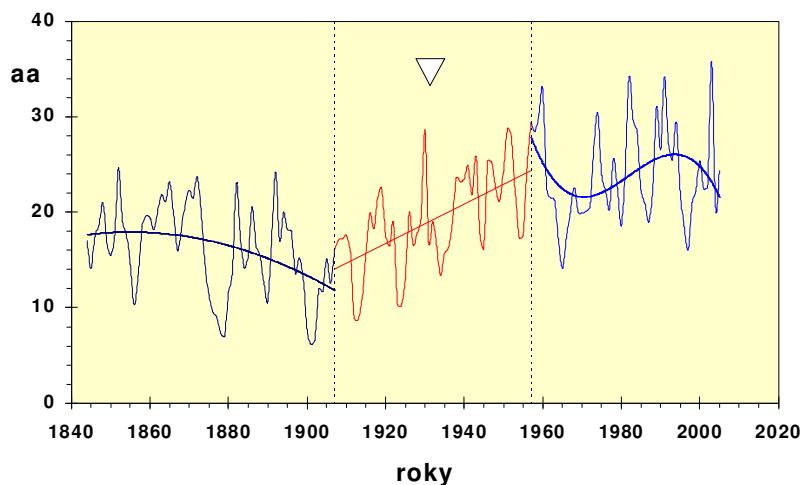
Cílem tohoto výzkumu bylo zkoumat, zda index *aa* také vykazuje nějaké vlastnosti slunečního pohybu. To znamená, zda interval 1906-1957 (1913-1964) má také stabilní charakter a zda se zde objevuje také dominantní perioda 10 let. Pohyby Slunce v intervalech 1844-1906 (1913) a 1957(1964)-2005 jsou chaotického typu a vzájemně se od sebe liší. Bylo třeba zjistit, zda se spektra period a trendy *aa* indexu od sebe liší.



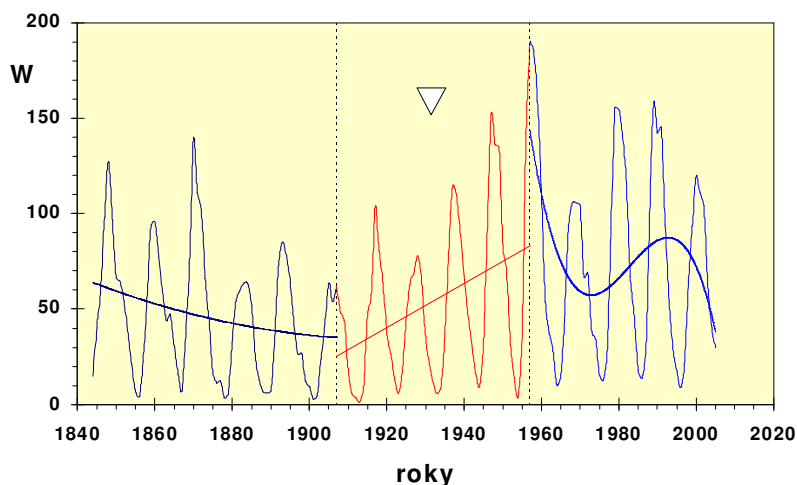
Obr. č. 1. Dráha Slunce ve čtyřech intervalech: 1840-1905, 1907-1957, 1957-2004 a 1980-2045. Dráha v intervalu prvním je neuspořádaného typu, ve druhém jde o dráhu trojlistkovou, ve třetím a čtvrtém je opět neuspořádaná a odlišná od dráhy v intervalu prvním.



Obr. č. 2. Délky slunečních cyklů č. 8-22. Délky cyklů uvnitř trojlistkového intervalu jsou zhruba konstantní (kolem 10 let, průměrně 10,1 let), zatímco délky cyklů před a potom jsou neustálené a v průměru delší. (Statistické rozdělení slunečních cyklů není normální, ale bimodální, s mody 10 (JS/2) a 12 (J) let).



Obr. č. 3. Geomagnetický index *aa* od roku 1844, rozděleno na tři intervaly podle typu pohybu Slunce, viz obr. 1. Křivka nejlépe vystihující dlouhodobý průběh v prvním intervalu je polynom druhého stupně, přímka pro druhý interval a polynom třetího stupně pro interval třetí. Různé typy křivek odpovídají různým typům pohybu Slunce. (Přímka je křivka stabilního charakteru.)



Obr. č. 4. Wolfova čísla z let 1844-2005 rozdělená do tří intervalů podle typu pohybu Slunce, viz obr. 1. Křivka nejlépe vystihující dlouhodobý trend tohoto jevu v prvním intervalu je polynom druhého stupně (viz obr. 3), přímka pro interval střední a polynom třetího stupně pro interval třetí.

## 2. Trendy

Cliver et al. (1996) poukázali na to, že chování indexu *aa* je během cyklů č. 15-19 výjimečné.

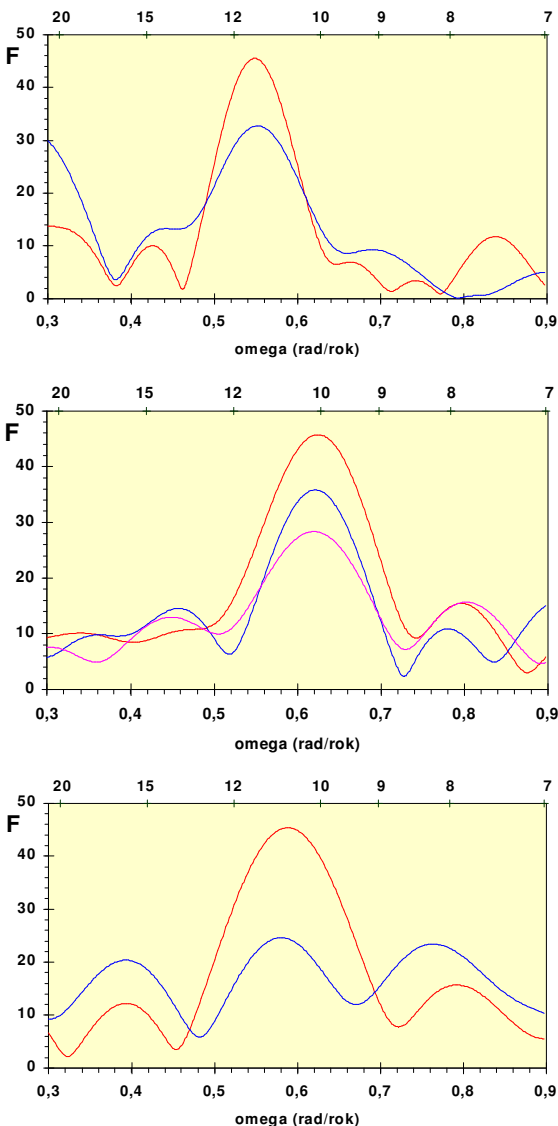
Zkoumali jsme, zda *aa*-index vykazuje stabilní charakter v intervalu 1907(1913)-1957(1964) odpovídající stabilnímu charakteru pohybu Slunce (po trojlístku) (ve všech obrázcích je tento interval značen trojúhelníkem) a zda i sluneční aktivita má také konstantní chování (např. konstantní délku slunečního cyklu). Bylo také zkoumáno, zda se trendy *aa*-indexu liší mezi prvním a třetím intervalem, protože Slunce se v těchto intervalech pohybuje po různých drahách. K tomuto účelu byly roční hodnoty (a měsíční, kde jsou k dispozici) *aa*-indexu a Wolfových čísel zhlazeny pomocí nejlépe vyhovujícího polynomu.

Získali jsme (obr. 3 a 4) další potvrzení o možném propojení mezi slunečním pohybem a *aa*-

indexem. Bylo zjištěno, že pro druhý interval nejlépe vyhovuje přímka, tedy křivka stabilní. Pro první a třetí interval jsou nevhodnější polynomy druhého, resp. třetího stupně. Křivky se od sebe liší podobně, jako se liší sluneční pohyb v uvedených intervalech. Výsledek je platný jak pro sluneční aktivitu, tak pro aktivitu geomagnetickou.

## 3 Spektra period

Charvátová (1990b) detekovala spektrum period pro sluneční čísla v cyklech, které odpovídají intervalům trojlístkového pohybu Slunce, kde pohyb Slunce po jednom lístku (oblouku) trvá 10 let ( $JS/2$ ), tedy pro cykly č. -3-1 a 15-19. Spektrum period v obou případech má dominantní periodu 10,1 let (Charvátová, 1990b, obr. 4).



**Obr. č. 5. Spektra period pro výše popsané tři intervaly sluneční a geomagnetické aktivity. Červeně platí pro sluneční aktivitu, modře pro geomagnetickou a fialově pro sluneční aktivitu v 18. století. Dominantní periodou ve druhém intervalu, kde je trojlístkový pohyb Slunce (jeden lístek (oblouk) trvá 10 let), je perioda 10,1 let pro oba jevy a také pro sluneční aktivitu z trojlístkového pohybu Slunce v 18. století (1734-1785). Všechna tři spektra pro druhý interval mají velmi podobný tvar včetně period bočních, které navíc odpovídají harmonikám základní periody pohybu Slunce. Ve spektru pro první interval je dominantní periodou u sluneční (geomagnetické) aktivity perioda 11,4 (11,3) let, spektrum pro třetí interval má dominantní periodu 10,7 (10,8) let.**

Časový interval, kde je k dispozici geomagnetický index *aa* (měsíční hodnoty od 1868 a roční podle finských měření už od roku 1844), byl rozdělen na tři intervaly. První interval (1844-1907) je shodný s druhou částí Daltonova minima sluneční aktivity a pohyb Slunce je v něm neuspořádaný, druhý odpovídá trojlístkovému (tedy stabilnímu) pohybu Slunce, délka slunečních cyklů v něm je prakticky

konstantní a rovna 10 letům. Třetí interval běží od konce intervalu trojlístkového k současnosti a je neuspořádaného typu, odlišného však od toho, jaký je v intervalu prvním.

Nalezli jsme, že dominantní periodou v prvním intervalu pro sluneční (geomagnetickou) aktivitu je perioda 11,4 (11,3) let (obr. 5), ve druhém je to v obou případech 10,1 let, a obě spektra spolu se spektrem slunečních čísel pro cykly č. -1-3 jsou si velmi podobná včetně vrcholů s nižšími amplitudami. Jejich periody odpovídají harmonikám základní periody pohybu Slunce. Dominantní periodou pro sluneční (geomagnetickou) aktivitu ve třetím intervalu je perioda 10,7 (10,8) let.

#### 4. Závěr

Na základě výše uvedených výsledků lze říci, že i geomagnetická aktivita (index *aa*) vykazuje základní znaky, které odpovídají základním znakům (vlastnostem) pohybu Slunce kolem těžiště sluneční soustavy vlivem obřích planet. Ukazuje to na možný vliv tohoto pohybu na ni. Vliv je však zřejmě odlišný od vlivu na aktivitu sluneční.

**Poděkování:** Tato práce byla realizována za podpory grantu číslo IAA 300120608 Grantové agentury AV ČR.

#### LITERATURA

- R. E. Bennestad (2005): A review of the solar cycle length estimates, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L15714.
- E. W. Cliver, V. Boriakoff, K. H. Bounar (1996): The 22-year cycle of geomagnetic and solar wind activity, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 101, No A12, p. 27091-27109.
- I. Charvátová (1990a): The relations between solar motion and solar variability, *Bull. Astr. Inst. Czech.*, 41, 56-59.
- I. Charvátová (1990b): On the relation between solar motion and solar activity in the years 1730-1780 and 1910-60, *Bull. Astr. Inst. Czech.*, 41, 200-204.
- I. Charvátová (1997a): Solar-terrestrial and climatic phenomena in relation to solar inertial motion, *Surveys in Geophys.*, 18, 131-146.
- I. Charvátová (1997b): Solar motion (main article, in: *Encyclopedia of Planetary Sciences*, Eds. J. H. Shirley and R. W. Fairbridge), Chapman and Hall, New York, 748-751.
- I. Charvátová (2000): Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? *Annales Geophysicae*, 18, 399-405.
- I. Charvátová, J. Střeščík (1991): Solar variability as a manifestation of the Sun's motion, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 53, 1019-1025.
- I. Charvátová, J. Střeščík (1994): The solar systemic features in ST-phenomena and surface air temperature during the last centuries. *Contemporary Climatology*, proceedings of the meeting of the IGU, Brno, August 1994, 136-141.
- H. Nevanlinna, E. Kataja (1993): An extension of the geomagnetic activity index series *aa* for two solar cycles (1944-1968), *Geophysical Research Letters*, Vol. 20, No. 23, p. 2703-2706.