

Variácie žiarenia Slnka vo vybraných spektrálnych oblastiach na vzostupnej vetve 23. slnečného cyklu

M. Lorenc, I. Dorotovič, SÚH Hurbanovo

Abstrakt

Boli spracované údaje o celkovom žiarení Slnka a o žiarení Slnka vo vybraných spektrálnych oblastiach z pravidelnej patroly publikovanej na internete, boli zisťované ich vzájomné korelácie.

1. ÚVOD

Slnečné žiarenie je základným motorom procesov, ktoré prebiehajú v pozemskom a okolozemskom prostredí.

Výskumy ukazujú, že treba prehodnotiť tradičný pojem „slnečná konštanta“, ktorá udáva hodnotu celkového žiarenia Slnka vo vzdialenosti 1 AU integrovaného cez celé elektromagnetické spektrum, nakoľko sa jednoznačne dokázala z družicových meraní jej „nekonštantná hodnota“ t.j. jej variabilita na časových škálach od zlomkov minút až po desiatky rokov, pričom nie je neopodstatnené sa domnievať, že túto časovú škálu bude možné rozšíriť na oveľa dlhšie časové obdobie. Dlhodobá variabilita totálneho slnečného žiarenia, zdá sa, mohla mať podstatný vplyv napríklad na globálne zmeny zemskej klímy.

Nemenej významným geoaktívnym prejavom Slnka sú aj toky častíc, ktorých časovo-premenné parametre sú jednoznačne závislé od slnečnej aktivity podobne ako žiarenie Slnka.

Variácie slnečného žiarenia možno pozorovať v celom rozsahu slnečného spektra, avšak kým napr. zmeny celkového toku žiarenia od minima do maxima slnečného cyklu dosahujú hodnoty desatiny percenta, amplitúda zmien žiarenia v ultrafialovej oblasti je až o rád vyššia.

Hlavným zdrojom variácií slnečného žiarenia v jednotlivých spektrálnych oblastiach je variácia magnetickej aktivity Slnka, ktorej vizuálnym prejavom sú také aktívne javy ako napr. slnečné škvrny, fotosférické fakule, chromosférická sieťka, slnečné erupcie, protuberancie a iné. Jednotlivé aktívne javy sa rôznym spôsobom podieľajú na celkovom žiarení Slnka napr. slnečné škvrny spôsobujú pokles celkového žiarenia, na druhej strane fotosférické fakule spôsobujú nárast celkového žiarenia. Naproti tomu prínos chromosférickej sieťky k celkovému slnečnému žiareniu sa prejavuje iba v niektorých častiach slnečného spektra, hlavne v EUV

a UV (napr. Lyman α , Mg II 280, Ca II K), ale je pozorovateľná aj v slnečnej spektrálnej čiare H α , He 1083. V období slnečného minima je prínos chromosférickej sieťky k celkovému žiareniu veľmi významný, keďže slnečných škvŕn, fotosférických fákul a chromosférických flokul je v uvedenom období veľmi málo alebo sa nevyskytujú vôbec.

Bolo dokázané, že UV žiarenie reprezentované napr. žiarením L α môže byť dobre interpretované indexom, ktorý bol získaný z vyhodnotenia Ca II K filtergramov (Johanesson, Marquette a Zirin 1998), napriek tomu, že L α vzniká trochu vyššie v slnečnej atmosfére ako Ca II K čiara, ich vzájomná koincidencia je veľmi dobrá (Thomas N. Woods and Gary J. Rottman, 1997).

Je známe, že práve ultrafialové žiarenie ($\lambda < 300\text{nm}$), ktoré reprezentuje iba 1% celkového slnečného žiarenia (Pap, J.M., et al.: 1997), je úplne absorbované v rôznych vrstvách zemskej atmosféry. Konkrétne má významnú úlohu v ohreve niektorých vrstiev zemskej atmosféry a v zmenách ich chemického zloženia, nakoľko v dôsledku absorpcie tohto žiarenia nastávajú fotodisociačné a fotoionizačné procesy. UV žiarenie medzi 200 až 285 nm preniká do stratosféry, je zdrojom jej ohrevu a reguluje proces tvorby ozónu. Má podstatný vplyv na chemické a tepelné zmeny zemskej stratosféry a mezosféry a je podozrenie, že tieto zmeny by sa mohli v konečnom dôsledku šíriť aj do troposféry, a tak ovplyvňovať aj pozemskú klímu.

Tak isto je röntgenové žiarenie absorbované vo vyšších vrstvách zemskej atmosféry, ionizuje molekuly O $_2$, N $_2$ a jeho náhle variácie počas slnečných erupcií sú príčinou náhlych zmien ionosféry, čo má veľmi významný vplyv na šírenie rádiových vln. V konečnom dôsledku to môže zapríčiniť významné škody pri komunikačných a iných technologických procesoch.

Medzníkom v pozorovaní slnečnej aktivity, meraní krátkovlnného žiarenia Slnka a toku slnečných častíc a tak isto totálneho slnečného žiarenia bolo zavedenie

merania z kozmických družíc, ktoré významne dopĺňajú a spresňujú naše pozemské pozorovania.

Doterajšie pozorovania však pokrývajú časové obdobie iba niekoľko desaťročí, častokrát sa v meraniach vyskytujú medzery spôsobené buď technickými alebo inými problémami, môže nastať degradácia čidiel žiarenia, problémy sa vyskytujú s absolútnou kalibráciou, a preto je dôležité získané družicové merania naviazať na merania z pozemských observatórií, aby sa mohli navzájom dopĺňať a kriticky vyhodnotiť namerané údaje. Aj keď pozemské pozorovania sú relatívne menej presné, pokrývajú nám neporovnateľne dlhšie časové obdobie ako pozorovania z družíc.

Ak by sa podarilo vytvoriť správny empirický model zmeny toku slnečného žiarenia z kozmických pozorovaní pre rôzne časové periódny a pre rôzne spektrálne oblasti, ktorý by dobre koreloval s pozemskými pozorovaniami reprezentovanými niektorými indexami slnečnej aktivity (Wolfovo relatívne číslo, rádiové žiarenie 10.7 cm, Ca II K 393.3), bolo by možné z minulých pozemských pozorovaní usudzovať na variácie toku žiarenia, ktorý je pozorovateľný iba mimozemskými prostriedkami (röntgenové a EUV slnečné žiarenie, toky slnečných častíc).

Samozrejme správny model variácie slnečného žiarenia musí jednoznačne odzrkadľovať slnečnú aktivitu, ktorá je dirigovaná hlavne magnetickými poliami.

2. VSTUPNÉ DÁTA A ICH SPRACOVANIE

Slnečná aktivita sa dá popísať viacerými indexami. V analýze boli použité tieto denné indexy slnečnej aktivity: Wolfovo relatívne číslo, ultrafialový relatívny index Mg II 280 (Mg II - core to wing ratio – ďalej len Mg II), Ca II K 393.3 (Ca II K – line brightness – ďalej Ca II - intenzita), celkové žiarenie Slnka (TSI).

Denné hodnoty Wolfovho relatívneho čísla boli prevzaté zo Solar Influences Data analysis Center (SIDC) Belgium (<http://sidc.oma.be>).

Relatívny index Mg II (Heath and Schlesinger, 1986) je určený z pomeru žiarení v jadrách h a k slnečnej čiary Mg II 280 a žiarenia blízkeho kontinua (278 nm a 282 nm). Žiarenie v jadrách čiary Mg II 280 vzniká v slnečnej chromosfére, pričom žiarenie v kontinuu vzniká v slnečnej fotosfére. Žiarenie v emisných jadrách h a k charakterizuje variabilitu žiarenia slnečnej chromosféry a ukazuje sa, že tento relatívny index dobre charakterizuje emisiu slnečného ultrafialového žiarenia. Jedná sa o relatívny index, ktorý je necitlivý k zmene inštrumentálnych vlastností prístroja, nepotrebuje absolútnu kalibráciu. Je meraný na viacerých družiciach a publikovaný na internetovej stránke Space Environment Center (www.sel.noaa.gov).

Index Ca II - intenzita sa určoval z Ca II K filtergramov, ktoré za priaznivého počasia snímali počas pozorovania na Big Bear Solar Observatory U.S.A. (www.bbso.njit.edu). Tento index je zadefinovaný ako integrálna jasnosť pixelov CCD obrazu filtergramu nad istými prahovými hodnotami t.j. od najnižšej D0 (na filtergrame vidno kompletnú chromosférickú sieťku a

aktívne flokulové polia) po najvyššiu D100 (na filtergrame vidno väčšinou iba aktívne flokulové polia). Každý filtergram sa spracovával po zadefinovaní istých prahových hodnôt (Johannesson, A., et al., 1998).

V tejto práci boli použité dáta, ktoré boli získané pri spracovaní filtergramu pri prahovej hodnote D 75 nad referenčnou hodnotou.

Údaje o celkovom žiarení Slnka (TSI) bolo prevzaté zo Solar Geophysical Data (SGD) bulletin, ktorý publikuje NOAA, U.S. Department of Commerce. Jedná sa o korigované denné hodnoty meraní z družice (SOHO/VIRGO Total Solar Irradiance – Updated).

Pri štatistickej analýze boli spracované súbory dát získané pre jednotlivé indexy slnečnej aktivity. Chýbajúce denné údaje pri jednotlivých indexoch boli doplnené interpoláciou.

Priebehy mesačných hodnôt jednotlivých indexov slnečnej aktivity sú uvedené na obr. 1, 2, 3.

Hodnoty korelačných koeficientov medzi indexami slnečnej aktivity a celkovým slnečným žiarením sú uvedené v tabulke I.

ZÁVER

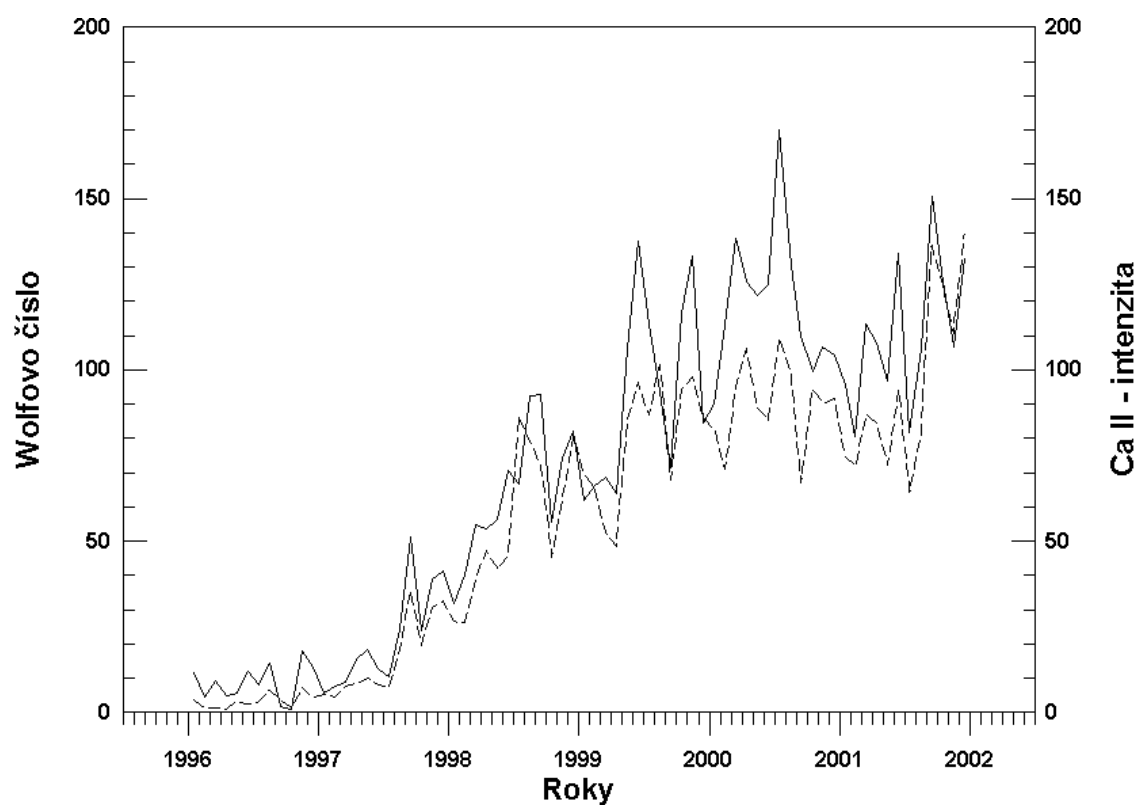
Relatívne vysoké hodnoty korelačného koeficientu medzi indexami slnečnej aktivity a celkovým žiarením Slnka poukazujú na to, že ich variabilita má jedínú spoločnú príčinu a tou je slnečná aktivita.

Pri analýze denných hodnôt indexov slnečnej aktivity a celkového žiarenia Slnka bol potvrdený všeobecne známy fakt, že tieto dáta sú jednoznačne modulované 27 dňovou rotačnou periódou Slnka.

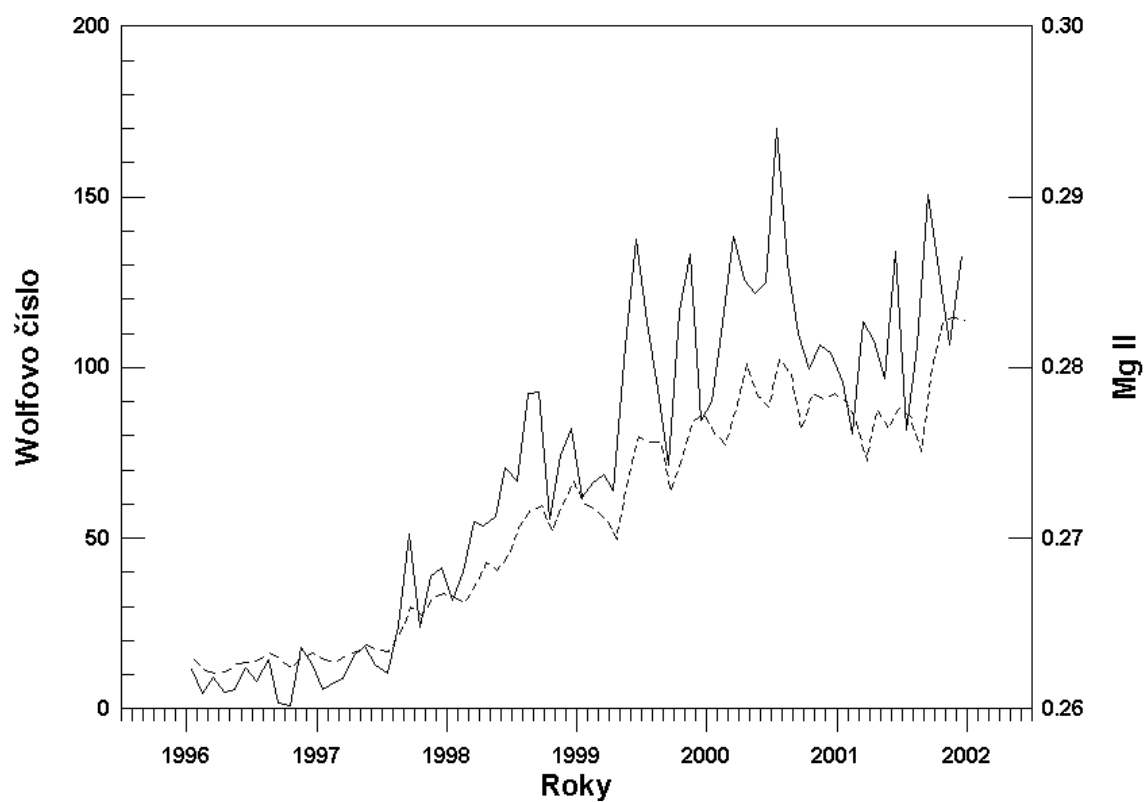
Aj keď bolo spracované obdobie, ktoré pokrývalo necelú vzostupnú vetvu 23. slnečného cyklu, zdá sa, že medzi variabilitou žiarenia Slnka a slnečnou aktivitou existuje silná vnútorná fyzikálna spojitosť, ktorá by opodstatňovala vzájomné dopĺňanie databáz indexov slnečnej aktivity a slnečného žiarenia v rôznych spektrálnych oblastiach z napozorovaných indexov a v konečnom dôsledku by umožnila rozšíriť štúdium vplyvu slnečnej aktivity na pozemské prostredie na oveľa dlhší časový úsek.

LITERATÚRA

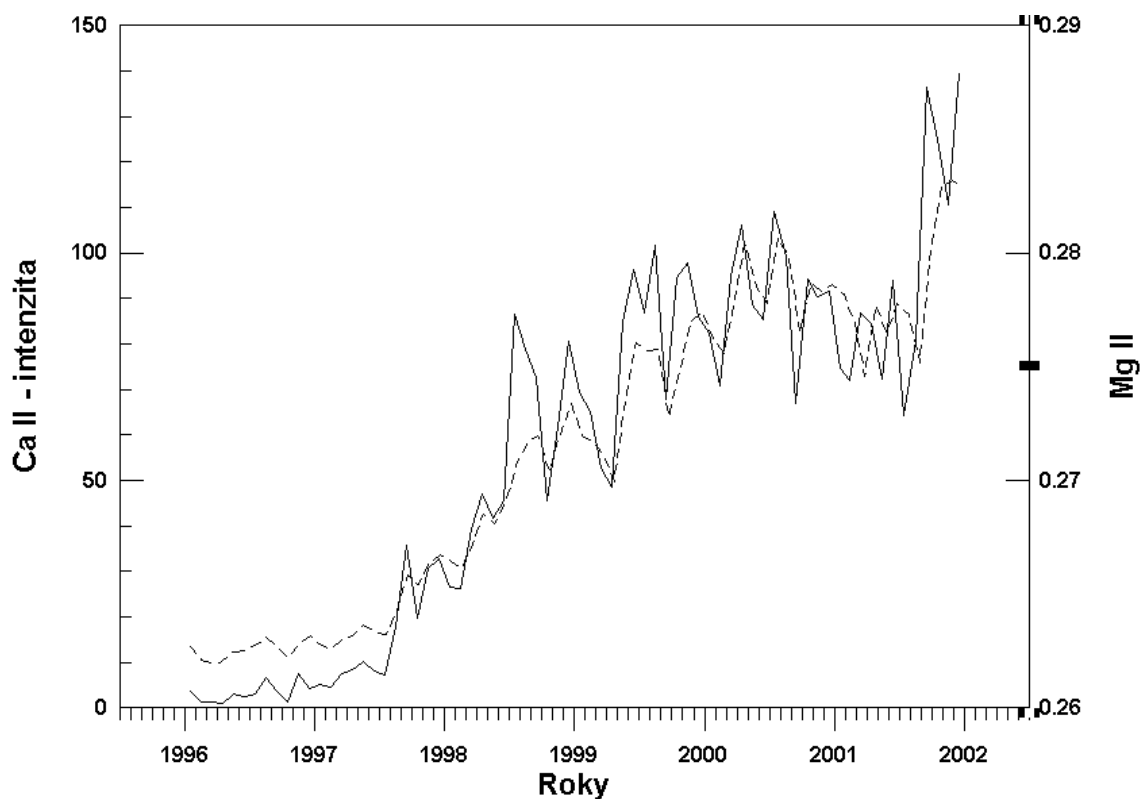
- Heath, D.F. and Schlesinger, B.M.: 1986, J. Geophysic. Res 91, 8672
Johannesson, A., Marquette, W.H. and Zirin, H.: 1998, Solar Phys. 177, 265
Woods, T. N. and Rottman, G. J. : 1997, Journal of Geophysical Research, vol. 102, NO. D7, Pages 8769 – 8779
Pap, J.M., Floyd, L., Lee, R.B., Parker, D., Puga, L., Ulrich, R., Varadi, F., Viereck: 1997, Proc. 31st ESLAB Symposium „Correlated Phenomena at the Sun, in the Heliosphere and in Geospace“, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 251



Obr. 1. Priebeh mesačných priemerov Wolfovho čísla (plná čiara) a indexu Ca II - intenzita (prerušovaná čiara).



Obr. 2. Priebeh mesačných priemerov Wolfovho čísla (plná čiara) a indexu Mg II (prerušovaná čiara).



Obr. 3. Priebeh mesačných priemerov Ca II - intenzity (plná čiara) a indexu Mg II (prerušovaná čiara).

Tabuľka č. 1 Hodnoty korelačných koeficientov medzi celkovým slnečným žiarením (TSI) a indexami slnečnej aktivity (Wolf Number, Ca II - intenzita, Mg II)

		TSI	Wolf Number	Ca II - intenzita	Mg II
1997	TSI	X	0.8170	0.7979	0.9999
	Wolf Number	0.8170	X	0.9943	0.8197
	Ca II - intenzita	0.7979	0.9943	X	0.8644
	Mg II	0.9999	0.8197	0.8644	X
1998	TSI	X	0.9570	0.9291	0.9999
	Wolf Number	0.9570	X	0.9794	0.9590
	Ca II - intenzita	0.9291	0.9794	X	0.9531
	Mg II	0.9999	0.9590	0.9531	X
1999	TSI	X	0.9569	0.9736	0.9999
	Wolf Number	0.9569	X	0.9866	0.9590
	Ca II - intenzita	0.9736	0.9866	X	0.9869
	Mg II	0.9999	0.9590	0.9869	X
2000	TSI	X	X	X	X
	Wolf Number	X	X	0.9888	0.9848
	Ca II - intenzita	X	0.9888	X	0.9946
	Mg II	X	0.9848	0.9946	X
2001	TSI	X	X	X	X
	Wolf Number	X	X	0.9883	0.9817
	Ca II - intenzita	X	0.9883	X	0.9846
	Mg II	X	0.9817	0.9846	X

