

# SID monitor a skúsenosti s registráciou slnečných erupcií v Hlohovci

J.Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, solarobserver @gmail.com  
V.Karlovský, Hvezdáreň a planetárium M.R.Štefánika Hlohovec, astrokar @gmail.com

## Abstrakt

SID monitor je zariadenie na registráciu röntgenových slnečných erupcií, kde sa zaznamenávajú zmeny intenzity nosnej vlny vzdialeného VLF vysielateľa, odrazenej od ionosféry. Skúsenosti ukazujú možnosti registrácie slnečných erupcií B4 a silnejších (v škále GOES 14 a 15). Na registráciu boli použité nosné vlny vysielateľov Rhauderfeln (Nemecko) DHO38 23,4 kHz s výkonom 500 kW, Isola di Tavolara (Taliansko) ICV 20,27 kHz s výkonom 43 kW a GQD 22,10 kHz (V.Británia).

## 1. ÚVOD

SID monitor je prijímač rádiových vln pre frekvencie v rozsahu 3 – 30 kHz. Prijímače na registráciu náhlych ionosférických porúch (SID – Sudden Ionospheric Disturbance) bývajú väčšinou naladené fixne na danú frekvenciu a sú určené pre amplitúdovú moduláciu. Z pochopiteľných dôvodov nemajú automatické vyrovnávanie zisku (AVL). SID monitor má jednak zvukový výstup, podobne ako bežný rádioprijímač, ale je k dispozícii dátový výstup, na ktorom napätie reprezentuje intenzitu prijímaného signálu. Napätie sa zaznamenáva pomocou analógového zapisovača, alebo pomocou počítača s A/D prevodníkom. SID monitor má nastaviteľné zosilnenie signálu na predzosilňovači a na zosilňovači.

## 2. METÓDA

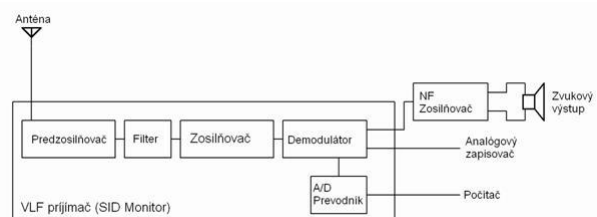
Registrácia slnečných röntgenových erupcií prebieha tak, že vyžiarené röntgenové žiarenie zo Slnka zvýši ionizáciu D vrstvy ionosféry (Bruzek A., Durrant C.J., 1983), čo sa prejaví vznikom náhlej ionosférickej poruchy. Vtedy nastáva zvýšenie odrazu LF a VLF (rádiových vln s malou a veľmi malou frekvenciou) rádiových vln. Registrujeme VLF signál vysielateľa, ktorý je odrazený od D vrstvy ionosféry, a teda potrebujeme vysieláč, ktorý je vzdialený od prijímača aspoň 600 – 800 km, aby sme neprijímali priamu vlnu ani priestorovú vlnu od vysielateľa. Intenzita signálu sa mení počas dňa. V noci D vrstva ionosféry zaniká a signál sa odráža od E vrstvy a jeho intenzita zvyčajne stúpa. Počas východu Slnka D vrstva pomaly vzniká, prejavom je pokles signálu. Počas dňa intenzita signálu rastie až do polednia, čo je spôsobované zvyšovaním ionizácie v D vrstve slnečným žiarením, potom opäť klesá až do minima pri západe Slnka a zániku D vrstvy,

po ktorom sa opäť zvýši. Náhla ionosférická porucha (SID) môže spôsobiť aj tzv. fázovú anomáliu, kedy sa intenzita signálu prudko zmení. Všeobecne nárastom ionizácie stúpa aj intenzita VLF odrazeného signálu. Sú však aj prípady, kedy dochádza k poklesu intenzity prijímaného signálu.

## 3. SID MONITOR

Prvý SID monitor používaný na hvezdárni v Hlohovci bol zostavený podľa projektu Stanfordskej univerzity v USA. Informácie sú na stránke Stanford Solar Center (SSC): <http://solar-center.stanford.edu/SID/sidmonitor/> Ďalšie dva SID monitory (celkove pracujú 3 zariadenia) boli zostavené podľa informácií, prístupných na webovej stránke Lionela Loudeta, Loudet L., 2009 <http://sidstation.loudet.org/hw-en.xhtml>

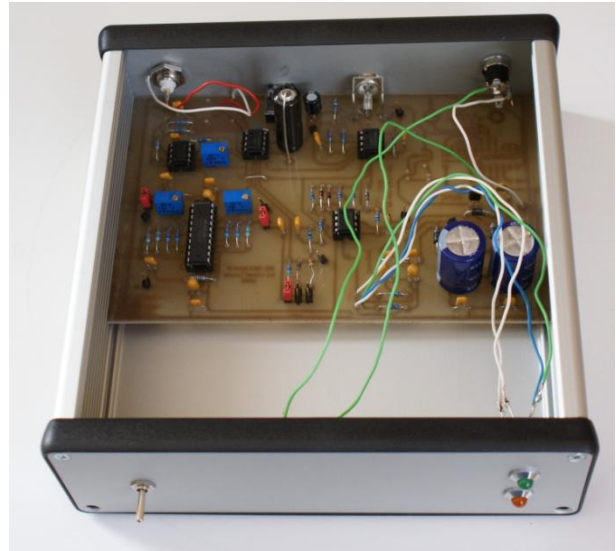
Zapojenie SID monitora môžeme v zásade rozdeliť na 8 základných častí (obvodov): Napájanie, predzosilňovač, filter s IO MAX275, zosilňovač, demodulátor, audio výstup, dátový analógový výstup, A/D prevodník. Prvý SID monitor je naladený na vysieláč ICV Isola di Tavolara, Taliansko, s frekvenciou 20,27 kHz a s výkonom 43 kW. Druhý prijímač je naladený na vysieláč DHO38 Rhauderfeln, Nemecko, s frekvenciou 23,4 kHz a s výkonom 500 kW. Ďalší prijímač momentálne prijíma signál od vysielateľa GQD (V.Británia). Bloková schéma SID monitora je na obrázku č.1.



Obr.1 Bloková schéma SID monitora



*Obr.2 SID monitor (podľa Stanford Solar Center)*



*Obr.4 SID monitor (podľa Lionela Loudeta)*



*Obr.3 SID monitor, pohľad spredu a zozadu*

Ďalšou dôležitou súčasťou je A/D prevodník. Slúži na prevod analógového signálu na digitálny, ktorý už môžeme spracovať v počítači. Na Hvezdárni v Hlohovci používame prevodník s IO MAX186. Tento nám ponúka 8 analógových vstupov, čo nám umožňuje pozorovať viac VLF kanálov naraz a taktiež môžeme tento A/D prevodník použiť aj pri iných projektoch. Prevodník je 12-bitový čo v rozsahu 0 - 4,095 V znamená, že dokáže rozlíšiť zmenu v intenzite signálu o 1 mV. K počítaču sa pripája cez paralelný port (LPT1). Prevodník sme zostrojili podľa schémy na stránke: <http://radiosky.com/skypipehelp/V2/skypipe8channelADC.html>.



*Obr.5 Osemkanálový A/D prevodník*

#### 4. ANTÉNA

Anténa pre SID monitor je veľmi dôležitou súčasťou pri monitorovaní slnečných erupcií. Používame rámovú anténu 2 x 2 metre, s celkovou dĺžkou medeného drôtu 200 m (priemer 0,75 mm). Jej efektívna plocha je 104 m<sup>2</sup>. Čím je anténa väčšia, tým je príjem signálu kvalitnejší. Nie je vhodné vyrobiť príliš malú anténu, lebo obyčajne z výsledkov býva vidieť, že je možná registrácia iba mohutných slnečných erupcií. Anténa má byť nasmerovaná na vysielač tak, aby os závitov bola kolmá k smeru na vysielač, pretože anténa registruje magnetickú zložku elektromagnetického žiarenia.



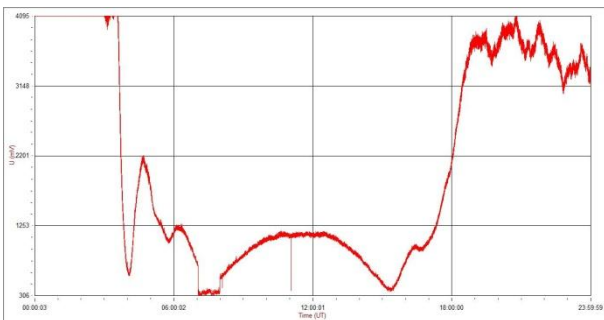
**Obr.6 Rámová anténa pre príjem VLF signálu**

#### 5. DÁTA

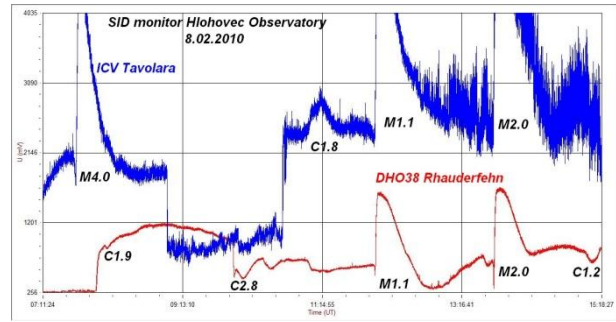
Prijímaný signál zo SID monitoru bol najprv registrovaný pomocou analógového lineárneho zapisovača, neskôr pomocou A/D prevodníka a počítača s programom Radio-SkyPipe <http://www.radiosky.com>. Prvé zaznamenané erupcie na Slnku boli z 27.10.2009 a boli to erupcie C1.7, C1.4 a C1.1 z aktívnej oblasti NOAA 11029. Záznam bol overený pomocou meraní satelitu GOES 10.

#### 6. VÝSLEDKY

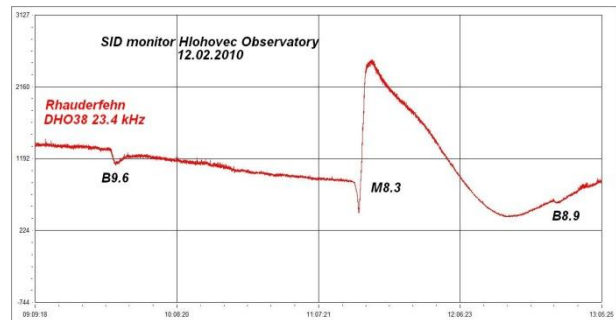
Na ďalších obrázkoch vidíme typický záznam denného chodu intenzity prijímaného signálu a niektorých erupcií, ktoré boli registrované na SID monitoroch ICV Tavolara a DHO38 Rhauderfehn.



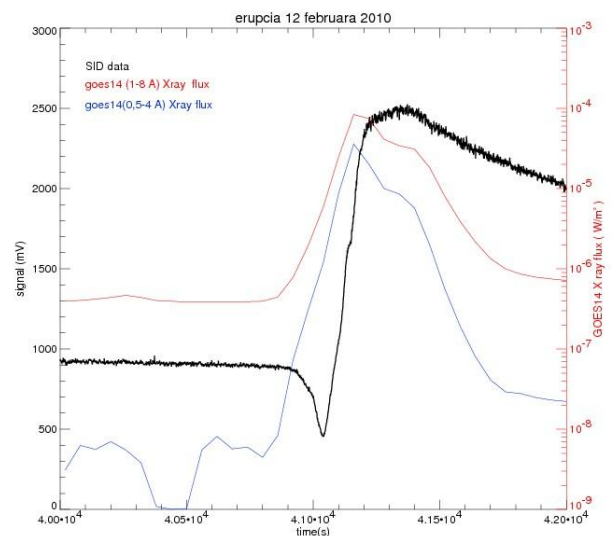
**Obr.7 Denný chod intenzity prijímaného signálu**



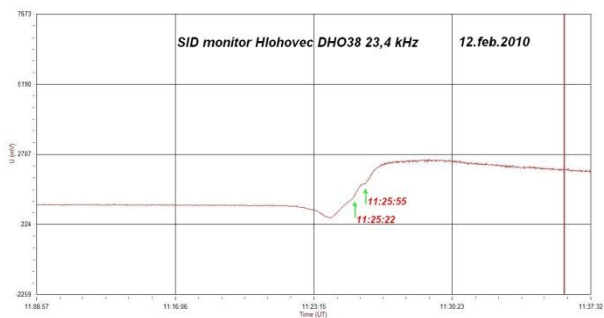
**Obr.8 Registrácia erupcií 8.02.2010**



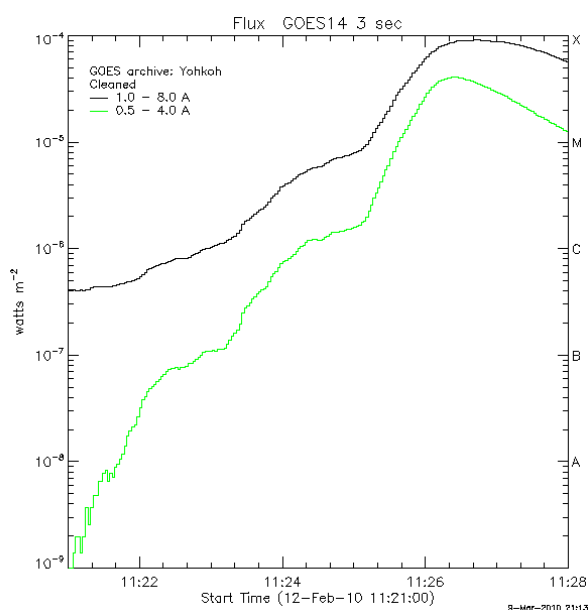
**Obr.9 Registrácia erupcií 12.02.2010**



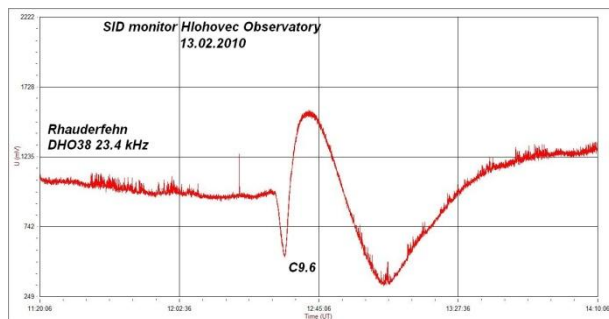
**Obr.10 Erupcia M8.3 z 12.02.2010 na SID monitore DHO38 v Hlohovci a na zázname satelitu GOES14**



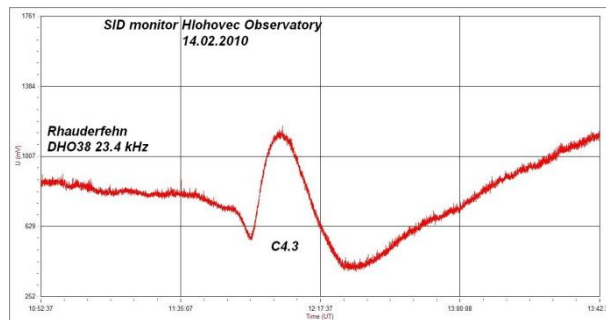
**Obr.11 Erupcia M8.3 12.02.2010- hrb na registrácii SID monitoru DHO38 v Hlohovci**



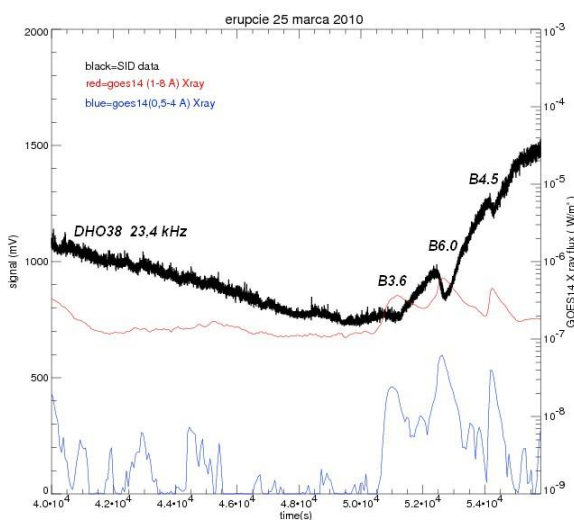
**Obr.12 Erupcia M8.3 12.02.2010 - hrb na zázname satelitu GOES14 s 3 sekundovým rozlíšením**



**Obr.13 Registrácia erupcie z 13.02.2010**



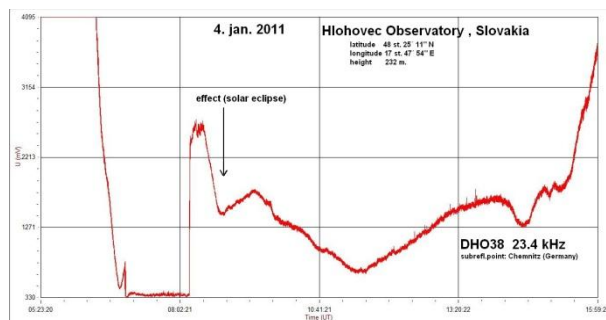
**Obr.14 Registrácia erupcie z 14.02.2010**



**Obr.15 Registrácia zatiaľ najslabších erupcií z 25.03.2010**

## 7. ZATMENIE SLNKA A CHOD INTENZITY SIGNÁLU SID MONITORA.

Zatmenie Slnka, aj čiastočné, môže spôsobiť pokles signálu, lebo sa zmenší odrazivosť ionosféry v dôsledku zníženia toku UV žiarenia od Slnka. Príklad vidíme na obrázku 16, kde je vidieť vplyv čiastočného zatmenia Slnka z 4.1.2011.

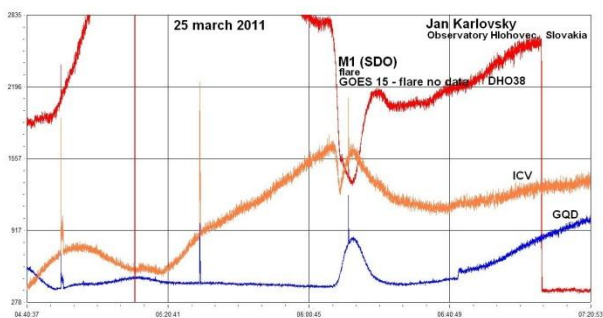


**Obr.16 Vplyv čiastočného zatmenia Slnka na chod signálu SID monitoru.**

Vplyv zatmenia Slnka na šírenie VLF radiových vln pri zatmení 11.8.1999 skúmali tiež P. Lassudrie-Duchesne a R.Fleury. Ich článok je na adrese: <http://ursi.org/Proceedings/ProcGA02/papers/p0765.pdf>

## 8. REGISTRÁCIA ERUPCIE, KTORÚ NEZAZNAMENAL SATELIT GOES 15

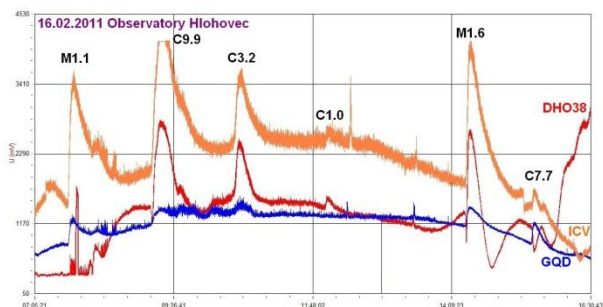
Niektoré erupcie je možné registrovať SID monitorom aj vtedy, keď určitý satelit nemôže kvôli zákrytu Slnko pozorovať. Ako príklad môžeme uviesť erupciu z 25. marca 2011, ktorá bola identifikovaná z SDO ako M1, ale GOES 15 ju nezaznamenal kvôli zákrytu. Záznam vidíme na obrázku 17.



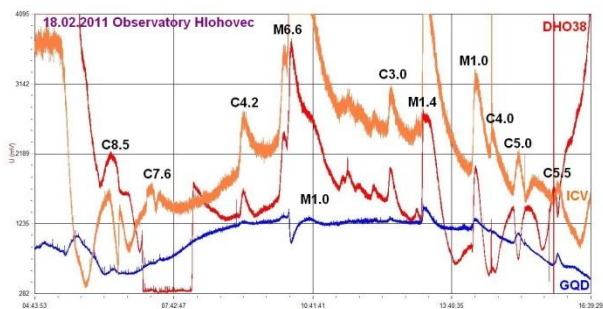
Obr.17 Registrácia erupcie z 25.3.2011

## 9. FESTIVAL ERUPCIÍ 16.2 a 18.2.2011

V niektoré dni je aktivita Slnka značná a je možné zaznamenať veľa erupcií, podľa toho ako dlho je Slnko nad obzorom v subreflexnom bode. V našom prípade sú subreflexné body: pre ICV Tavolara je pri meste Pula v Chorvátsku, pre DHO38 pri meste Chemnitz v Nemecku. Veľký počet erupcií je na obrázkoch 18 a 19.



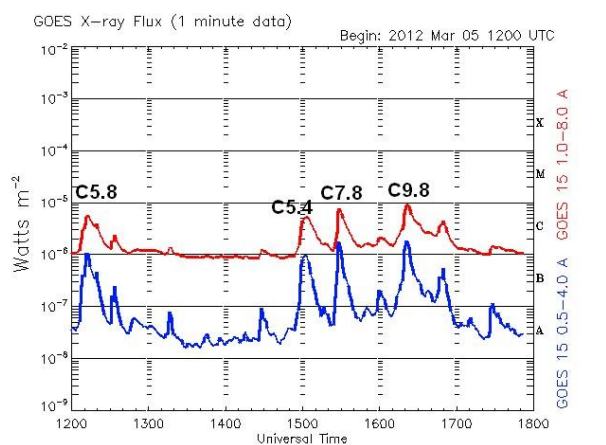
Obr.18 Záznam erupcií 16.2.2011



Obr.19 Záznam erupcií 18.2.2011

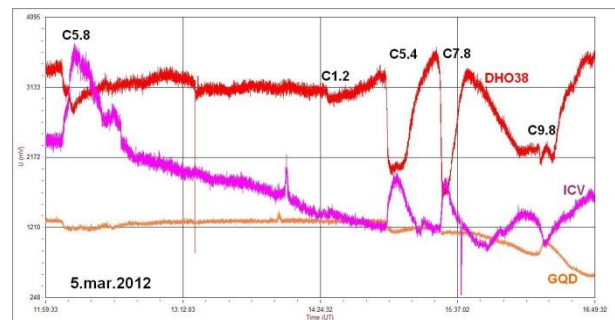
## 10. ERUPCIA NÍZKO NAD OBZOROM

SID monitory môžu zaznamenať aj erupcie, ktoré sa udiali, keď bolo Slnko nízko nad obzorom. Príkladom môže byť erupcia z 5.marca 2012, kedy Slnko malo výšku nad obzorom v subreflexnom bode (Chemnitz, Nemecko) v čase maxima erupcie C9.8 iba  $4^{\circ} 41' 10''$  (azimut  $255^{\circ} 12' 40''$ ). Záznam X žiarenia zo satelitu GOES15 vidíme na obrázku č.20. Na obrázku č.21 vidíme záznam SID monitorov v Hlohovci v ten istý deň. Erupcia C9.8 vytvára charakteristický efekt na frekvencii DHO38 (23.4 kHz) v tvare písmena W. Pri porovnaní oboch obrázkov je tiež vidieť, že efekty na SID monitoroch sú iba vtedy, ak žiarenie registrované satelitom GOES15 na 0.5 – 4.0 Angstrom má tok väčší ako  $10^{-7}$  Watt/m<sup>2</sup>.



Updated 2012 Mar 5 1753 UTC NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Obr.20 Registrácia erupcií satelitom GOES15 5.3.2012



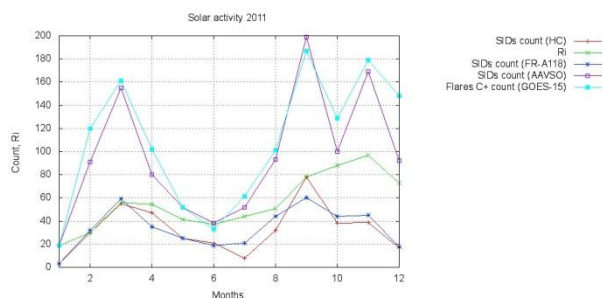
Obr.21 Záznam erupcií SID monitormi v Hlohovci zo dňa 5.marca 2012.

## 11. DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky ukazujú, že registrácia slnečných erupcií pomocou SID monitorov je relatívne citlivá metóda. Porovnaním so záznamom toku v intervale vlnových dĺžok 1 – 8 Angström a 0.5 – 4 Angström satelitu GOES 14 a 15 sa ukazuje, že je možné registrovať bežne erupcie od triedy B9, za určitých okolností až od B4. Citlivosť registrácie slnečných erupcií dokumentuje aj registrovaný hrb na zázname zo SID monitora (obr.11), kde je rozlíšenie 1 sekunda, a porovnanie so záznamom satelitu GOES 14 s trojsekundovým

rozlíšením (obr.12). Ukazuje sa tiež, že erupcia sa na zázname prejaví zvyčajne iba vtedy, keď je dostatočne vysoký tok na intervale vlnových dĺžok 0.5- 4 Angström, približne  $10^{-7} \text{ Wm}^{-2}$ .

Prípadné rušivé signály je možné vylúčiť porovnaním s ďalšími stanicami, ktoré využívajú SID monitory na rovnakých frekvenciách ako sú v Hlohovci. Zatiaľ porovnáваме naše záznamy so záznamami hvezdárne Partizánske a SID monitormi Rudolfa Slošiaru v Bojniciach a Slovenskej ústrednej hvezdárne v Hurbanove. V pláne je vytvoriť slovensko – českú sieť SID monitorov, vítané sú nové stanice, ktoré by sieť rozšírili. Tiež by bolo vhodné zjednotiť veľkosti antén, najvhodnejšie sa nám javí veľkosť antény 2x2 metre. Menšie antény majú menší pomer signálu k šumu a obyčajne nezachytia erupcie slabšie ako C2. Rozmer 2x2 metre preto považujeme skôr za minimálnu veľkosť. Tieto rozmery antény sú tiež relatívne prijateľné aj ekonomicky.



**Obr.22** Prehľad slnečnej aktivity v roku 2011

Prehľad slnečnej aktivity v roku 2011 ( obrázok 22) na základe registrácií SID monitorov ukazuje, že počty registrovaných erupcií sledujú trend rovnakeho parametra pre AAVSO, SID registrácii L.Loudeta, či erupcií z družice GOES15. Stanici, ktorá prevádzkuje SID monitory v Hlohovci (Ján Karlovský) bol pridelený kód A131, v sieti SID monitorov AAVSO.

**Pod'akovanie**

Ďakujeme RNDr. Jane Kašparovej PhD z AsU AVČR Ondřejov za poskytnutie záznamu zo satelitu GOES 14 s trojsekundovým rozlíšením pre erupciu z 12.02.2010 a tiež za informácie k programu SolarSoft.

**LITERATÚRA**

Bruzek A., Durrant C.J., 1983 Ilustrovaný slovník termínov Slnečnej a slnečno-zemskej fyziky (slovenský preklad Preložili: Knoška Š., Rušin V., Rybanský M.)

Loudet L., 2009 <http://sidstation.loudet.org/ionosphere-en.html>