

Závěrečná zpráva o řešení studentského projektu

(Dle čl. 5 odst. 4 Stipendijního řádu Matematicko-fyzikální fakulty)

Název projektu: Studium aurorálního sykotu

Řešitelská skupina: Tereza Brunátová, Jiří Matoušek, 3. ročník

Vedoucí projektu: Doc. RNDr. Ondřej Santolík, Dr.

Charakter projektu: Zpracování experimentálních dat

Termín ukončení projektu: 30. září 2008

Průběh řešení projektu:

Na počátku projektu jsme se seznámili s měřicími přístroji družic projektu Cluster a Double Star 2. Také jsme se naučili rozpoznávat aurorální sykot ve spektrálních diagramech dle jeho charakteristického trychtýřovitého tvaru. Samotné řešení projektu bychom mohli rozdělit do čtyř částí:

1. Doplnění seznamu „List of perigee passes in the Cluster STAFF-SA data“ o detekované aurorální sykoty na přístroji WBD
2. Vyhledání aurorálních sykotů v datech z přístroje WIDEBAND
3. Vytvoření seznamu aurorálních sykotů z datového archivu přístroje STAFF-SA
4. Zpracování dat z čínské družice Double Star 2

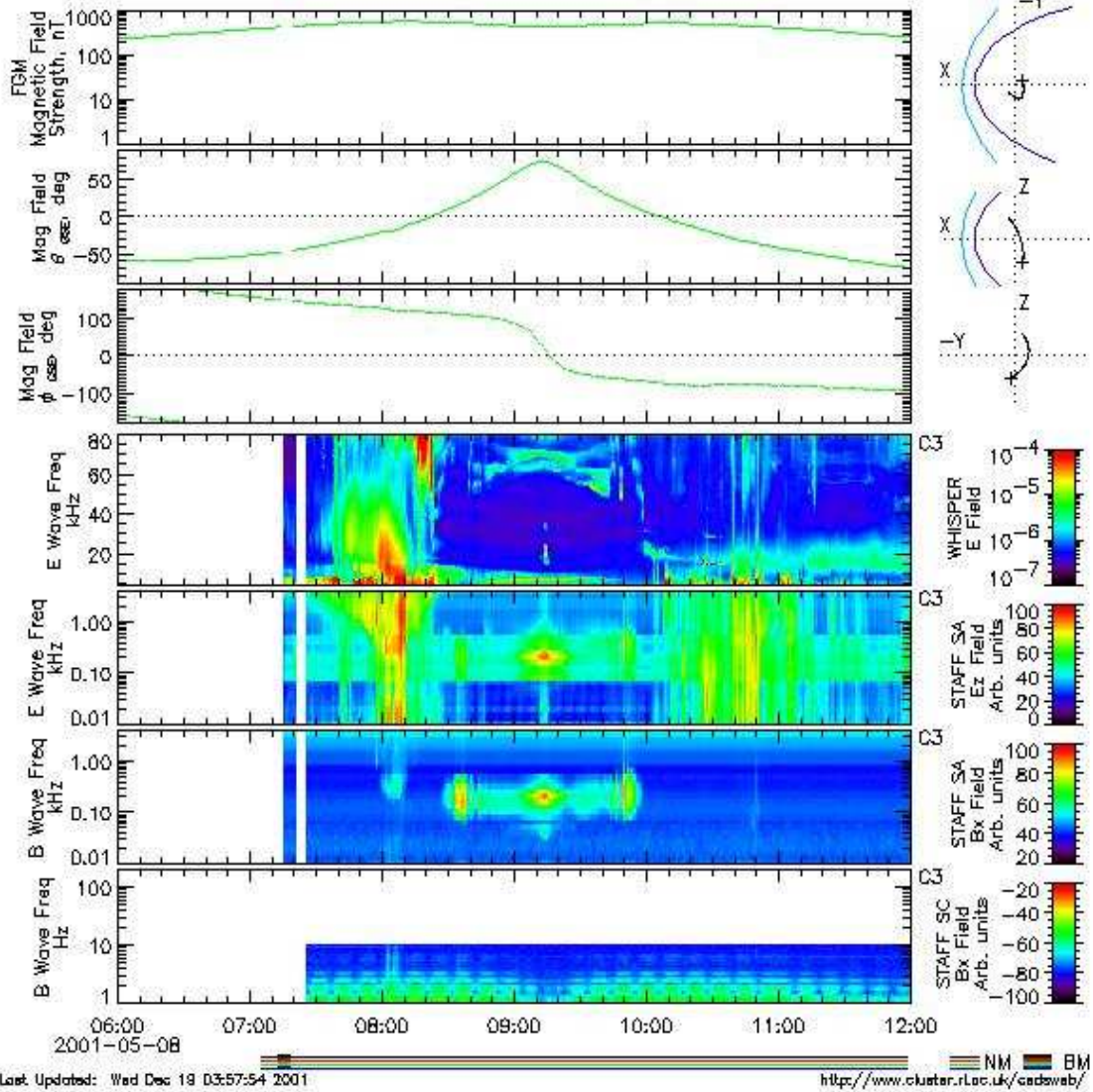
Doplnění seznamu „List of perigee passes in the Cluster STAFF-SA data“ o detekované sykoty na přístroji WIDEBAND

Obdrželi jsme seznam průletů družic projektu Cluster perigeem. V rozmezí let 2001 až 2007 jsme procházeli 6 hodinové spektrální diagramech přístroje STAFF-SA, na kterých je detekováno elektrické i magnetické pole. Tyto spektrogramy jsou zveřejněny na [2], ukázka spektrogramu je na obrázku číslo 1. Tento seznam jsme rozšířili do konce roku 2007, provedli jsme korekce, když nesouhlasilo nějaké datum či rozdělení sykotů v dané kategorii. Vycházeli jsme ze seznamu „List of perigee passes in the Cluster STAFF-SA data“, kde je časový interval daného hvizdu. V tomto seznamu ale nebyly zahrnuty výsledky měření přístroje wideband, což jsme dostali za úkol do seznamu doplnit a to v letech 2001 až 2007. Data jsme získávali z [3].

Jednotlivé nalezené sykoty jsme třídili do tří kategorií *a*, *b*, *c*. Toto dělení jsme provedli především dle dvou kritérií, jednak podle intenzity a jednak podle ostrosti vrchního ořezání, takže kategorie *c* odpovídá pouze obrysům s intenzitou do $10^{-14}V^2m^{-2}Hz^{-1}$. Kategorie *b* odpovídá spektrogramu s ořezáním ovšem vysokou intenzitou až k $10^{-12}V^2m^{-2}Hz^{-1}$. A v kategorii *a* jsou zahrnuty spektrogramy s velmi ostrým ořezáním a intenzitou nad $10^{-12}V^2m^{-2}Hz^{-1}$. Pro ilustraci uvádíme na obrázku 2 jeden aurorální sykot z kategorie *a*.

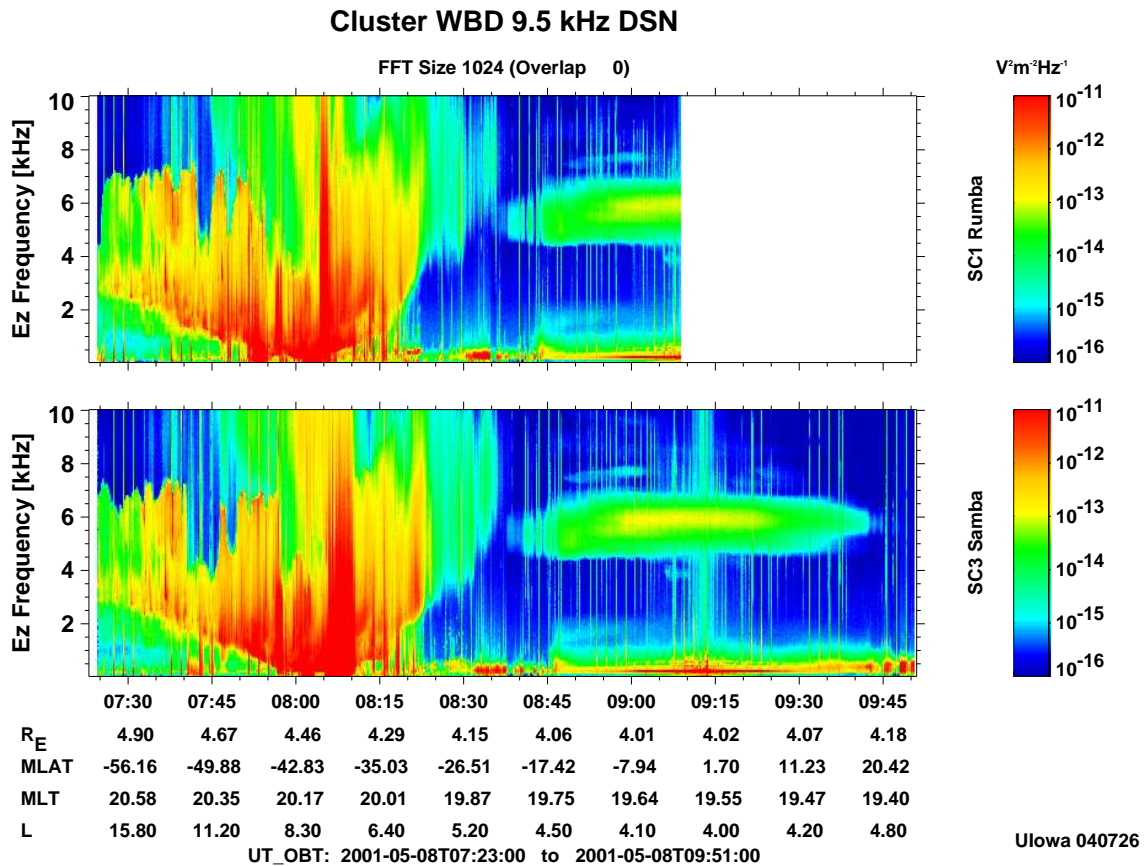
Celkem jsme našli 96 zaznamenaných sykotů. Na 6 let je to poměrně málo, tedy aspoň ve srovnání se výsledky měření z přístroje STAFF-SA, který detekuje 12 a více sykotů za měsíc (přibližné maximum je až 48 v závislosti na době oběhu). Podstata toho, že jsme našli pouze 96 sykotů je v tom, že wideband neměří kontinuálně, zatímco STAFF-SA ano a tedy během některých sykotů náš přístroj zkrátka neměřil.

Ještě bychom chtěli poznamenat, že v důsledku změny oběžné dráhy družic se po roce 2006 výrazně „protáhnul“ tvar aurorálního sykotu a na první pohled se liší od tvaru před rokem 2006. Ze stejného důvodu se i změnila možnost a úspěšnost detekce aurorálního sykotu. Před rokem 2006 byla oběžná dráha nastavena



Obrázek 1: Záznam z přístroje STAFF-SA z 8.5.2001 z kategorie a

právě tak, že družice prolétaly všemi čtyřmi aurorálními zónami v dostatečně nízké výšce a tedy bylo potenciálně možné při jednom průletu perigeem detekovat dokonce 4 aurorální sykoty. Ovšem změnou oběžné dráhy družice přestaly procházet dvěma aurorálními zónami. Takto doplněný seznam je umístěn na [5]



Obrázek 2: Aurorální sykot detekovaný na WIDEBANDU 8.5.2001 z kategorie a

Vyhledání aurorálních sykotů v datech z přístroje WIDEBAND

Dále vycházeli jsme z výše doplněného seznamu, ze kterého jsme vytvořili seznam pro další počítačové zpracování ve formátu txt. Tento seznam byl vybrán pouze z aurorálních sykotů detekovaných na WBD, jejichž kategorie byla *a* nebo *b*, tak aby bylo možné tyto sykoty dále zpracovat. Zapisovali jsme je v následujícím formátu:

wbd2psd, 'RRRR-MM-DDTHH:MM:SS.000', 'RRRR-MM-DDTHH:MM:SS.000', 102,

kde *RRRR-MM-DD* znamená rok, měsíc a den daného aurorálního sykotu, *HH:MM:SS.000* udává přesný čas začátku a konce, *102* udává frekvenční rozsah daného přístroje. Pro ilustraci uvádíme několik příkladů z tohoto seznamu:

wbd2psd, '2005-02-20T10:15:00.000', '2005-02-20T11:30:00.000', 102
wbd2psd, '2005-03-04T07:30:00.000', '2005-03-04T08:45:00.000', 102

wbd2psd, '2005-04-06T12:00:00.000', '2005-04-06T13:10:00.000', 102

Celkem jsme zapsali takových záznamů pouze 65. A to, jak jsme již uvedli výše, především kvůli malé četnosti měření přístroje WBD.

Vytvoření seznamu aurorálních sykotů z datového archivu přístroje STAFF-SA

Pro další zpracování jsme také připravili seznam dat z přístroje STAFF-SA. Tento přístroj na rozdíl od WIDEBANDu měří také magnetickou složku vln, což bylo další a dalo by se říct že jedno z nejpodstatnějších kritérií výběru. Data jsme zadávali v následujícím formátu.

RRMMDD c RRRR-MM-DDThh:mm:ss RRRR-MM-DDThh:mm:ss

kde *RRMMDD* příp. *RRRR-MM-DD* znamená rok, měsíc a den daného aurorálního sykotu, *c* udává číslo družice na které byl detekován a *hh:mm:ss* udává přesný čas začátku a konce.

051124 4 2005-11-24T01:30:00 2005-11-24T02:30:00
051124 4 2005-11-24T07:25:00 2005-11-24T09:00:00
051112 4 2005-11-12T09:25:00 2005-11-12T11:00:00

Často se stává, že aurorální sykot může být na spektrogramu zaměněn s chorem. Proto jsme k jeho rozlišení používali kromě spektrálních diagramů také diagramy určující směr šíření. A to z toho důvodu, že pro aurorální sykot je charakteristické šíření směrem od země, podle čehož se dá jednoznačně určit (viz obrázek 3). Takto jsme získali celkem ze všech čtyř družic v období od ledna 2001 do prosince 2007 tisíc záznamů.

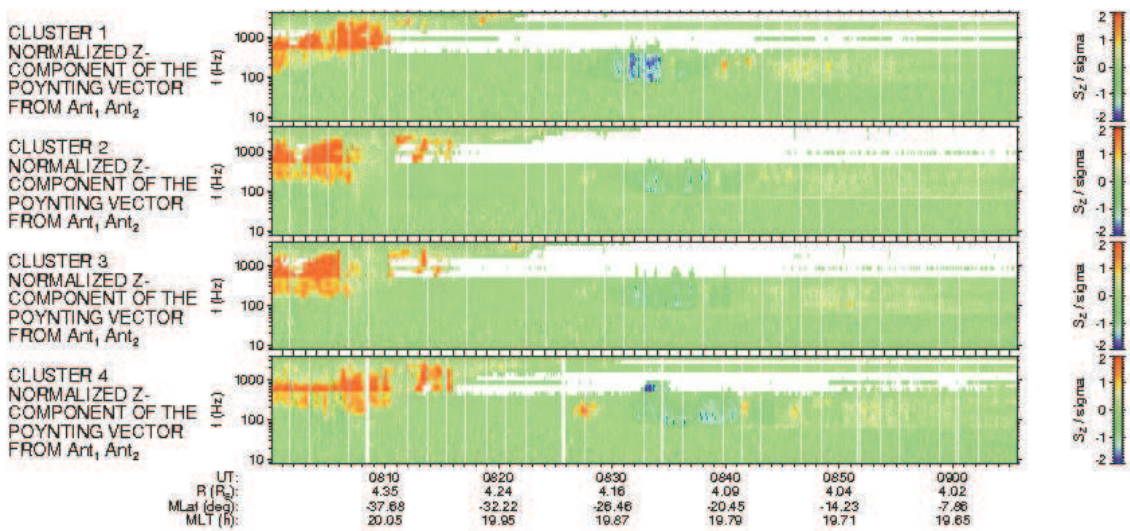
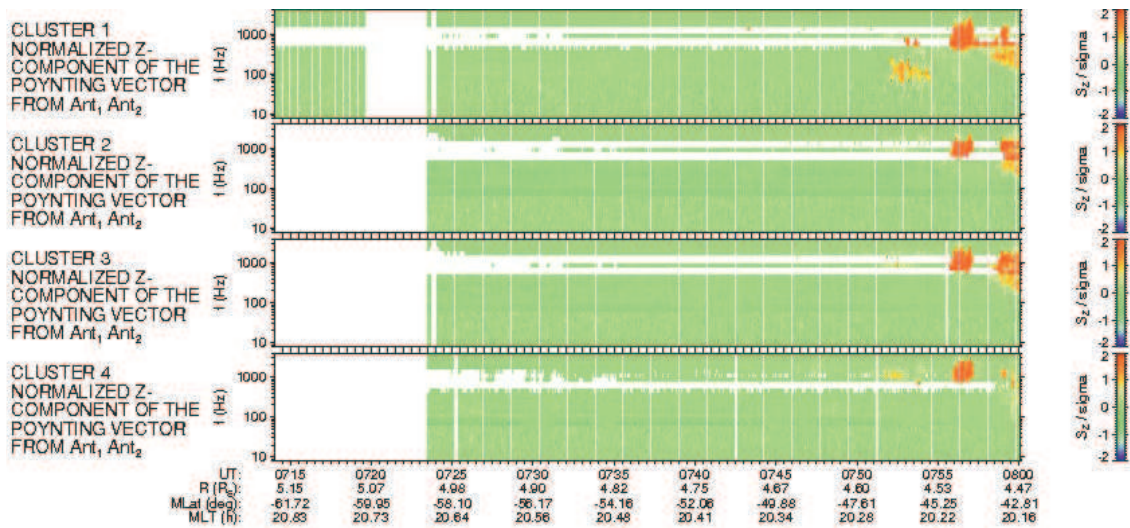
Zpracování dat z čínské družice Double Star 2

Data z orbitální družice Double Star 2 jsme zpracovávali pomocí programu PRASSADCO v programovacím prostředí IDL. Zpočátku se objevilo hned několik obtíží. Především to byly chyby v datech (nereálně vysoké a nízké změřené hodnoty), které v konečném důsledku zapříčinily selhání programu. Proto bylo třeba upravit program `read_tc2`, který slouží k předzpracování vstupních souborů pro PRASSADCO tak, aby správně načítalo data. Takto jsme zpracovali údaje od 1.8.2004 až do 15.11.2004. Získali jsme tak celkem 107 spektrogramů. Příklad přeloženého záznamu z družice Double Star 2 je na obrázku 4. Nutno však poznamenat, že zpracované záznamy vykazují poněkud neobvyklé a pravděpodobně i špatné výsledky a podle toho je usuzováno, že data získaná z družice Double Star 2 nejsou zcela v pořádku.

Výsledky:

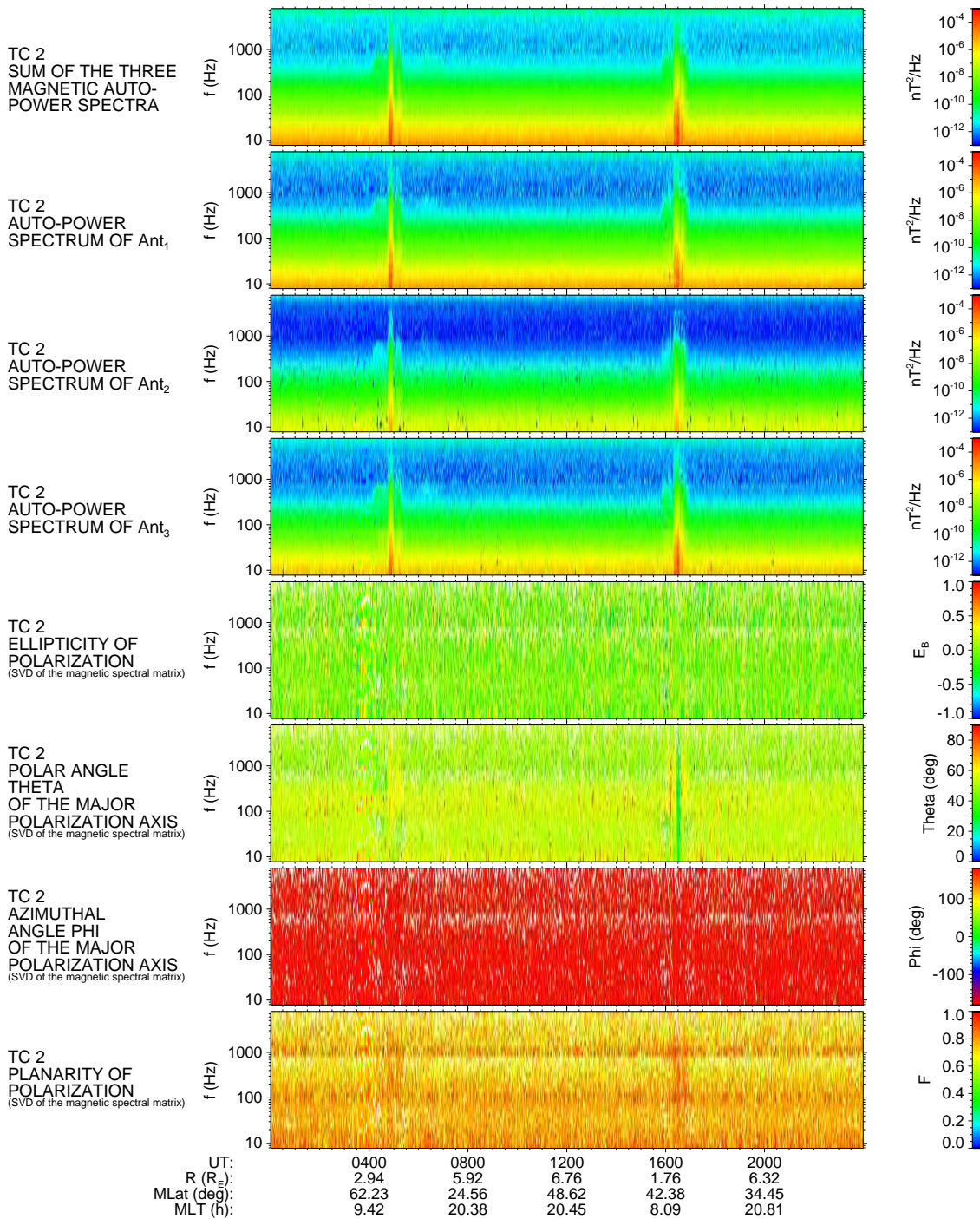
Doplnili jsme seznam měření na družicích projektu Cluster („List of perigee passes in the Cluster STAFF-SA data“) o záznamy z přístroje WIDEBAND za období od roku 2001 do roku 2007. Z tohoto seznamu jsme také vytvořili výběrově specifický seznam pro další zpracování.

Dále pak jsme vytvořili seznam měření z období od roku 2001 do roku 2007 přístroje STAFF-SA, který bude použit na další zpracování a následnou analýzu.



Obrázek 3: Opět záznam z přístroje z 8.5.2001, tentokrát na diagramu určujícím směr šíření

Double Star LFEW/Spectral matrix data 2004-11-04 00:00:59.471 - 2004-11-04 23:59:23.434



Processed Sun Sep 07 13:03:54 2008 by read_TC2(2008May26)
Plot created Sun Sep 07 13:04:00 2008 by PRASSADCO(2004Nov30).

Obrázek 4: Záznam z družice Double Star 2

Také jsme zpracovali data z čínské družice Double Star 2, která pomohou odhalit chyby na měřicích přístrojích. Tato data jsou zveřejněna na [6].

Seznam použitých zdrojů dat:

- [1] <http://cdhf5.bnsc.rl.ac.uk/ddms/>
- [2] http://www.cluster.rl.ac.uk/csdsweb-cgi/csdsweb_pick
- [3] <http://www-pw.physics.uiowa.edu/plasma-wave/istp/cluster/mop/>
- [4] http://oberon.troja.mff.cuni.cz/santolik/staff_sa/staff_sa_data/png/Spectrogram/
- [5] http://oberon.troja.mff.cuni.cz/santolik/staff_sa/Cluster_STAFF_SA_perigee.html
- [6] http://oberon.troja.mff.cuni.cz/santolik/PRASSADCO/tc2/04_08-11/

Vyjádření vedoucího projektu:

S předkládanou zprávou plně souhlasím. Kolegyně Brunátová a kolega Matoušek se vynikajícím způsobem zapojili do práce na analýze aurorálního sykotu a odvedli s příkladným nasazením časově náročnou práci na vyhledávání měření v datech umělých družic. Získané výsledky považuji za velmi slibné a po dalším zpracování lze s velkou pravděpodobností očekávat jejich publikaci. Rád proto doporučuji vyplacení druhé části stipendia.