



FORMULÁR RS1

Ročná správa o riešení projektu

Evidenčné číslo projektu: APVV-0066-06

Názov projektu: Ohrev slnečnej koróny: observačná verifikácia fyzikálnych mechanizmov

Meno zodpovedného riešiteľa: RNDR. Ján Rybák, PhD.

Organizácia žiadateľa: Astronomický ústav SAV, Tatranská Lomnica

Začiatok riešenia projektu (MM/RR): 00/07

Koniec riešenia projektu (MM/RR): 12/09

Sumy uvádzajte v Sk na 2 desatinné miesta

1	Pridelené finančné prostriedky z APVV v roku 200	2 414 000,00
2	Vyčerpané v roku 2007	2 371 094,69
3	Nevyčerpané v roku 2007 (1-2)	42 905,31

Potvrdzujeme, že údaje uvedené v správe a jej prílohách sú pravdivé a úplné.

Podpis:
zodpovedný riešiteľ

Podpis:
štatutárny zástupca

Dátum: 30.1.2008

Pečiatka



Evidenčné číslo projektu: APVV-0066-06

ROZBOR RIEŠENIA PROJEKTU

POSTUP PRÁČ PRI RIEŠENÍ PROJEKTU NA PRACOVISKU ŽIADATEĽA VZHLADOM NA HARMONOGRAM RIEŠENIA PROJEKTU:

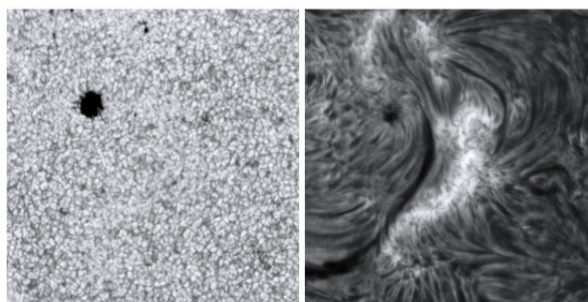
Pozorovania – záznam dát: začiatok 02/2007 – koniec 12/2007

V rámci projektu boli vykonané dve koordinované kampane pozorovaní Slnka:

- kampaň: SUMER/SOHO – HINODE:** Na pozvanie koordinátora prvej spoločnej pozorovacej kampane družíc SOHO a HINODE Dr. W. Curdta (Max-Planck-Institut-für-Sonnen-System-Forschung, Katlenburg-Lindau, Nemecko) kolektív projektu APVV pripravil návrh koordinovaných pozorovaní prístrojov týchto družíc zameraný na slnečnú supergranulárnu sieť (Gömöry, Rybák). Pozvanie do takejto kampane je prestížnou záležitosťou, kolektív ju využil na získanie pozorovacieho materiálu pre cieľ 1/ (slnečná super-granulárna sieť) projektu APVV. Pozorovania boli zaradené do svetovej kampane a prebehli ako '**science case #25: Energy transport and dynamics in/above the solar network and coronal heating mechanisms**' 12. a 14. apríla 2007. Do koordinovaného programu boli zaradené prístroje SUMER, EIT, MDI umiestnené na sonde SOHO a prístroje SOT, EIS, XRT družice HINODE. Grafická ukážka zaznamenaných dát je k dispozícii na web stránke vytvorenej pre projekt APVV - http://www.astro.sk/~choc/open/apvv_0066-06/kampane.html. Predbežná analýza dát ukázala, že vhodnejšie pre cieľ 1/ projektu (slnečná super-granulárna sieť) bude použitie dát z 12. apríla 2007.
- kampaň: DOT - SOHO – HINODE a ďalšie prístroje:** V auguste 2007 bola vykonaná rozsiahla a dlhodobá pozorovacia kampaň, ktorá bola hlavnou pozorovacou aktivitou kolektívu projektu. Do kampane bol zapojený Otvorený holandský ďalekohľad (Dutch Open Telescope – DOT) a koordinovane i prístroje CDS, MDI, EIT na sonde SOHO, vykonávajúc program JOP 179 podľa zadania kolektívu projektu a prístroje EIS, SOT, XRT na družici HINODE podľa podobného zadania HOP 020, ako i družica TRACE. Okrem spomínaných prístrojov budú pre kampaň využité i dáta regulárne zaznamenávané družicami RHESSI a GOES v ich normálnom režime. Pozorovací čas ďalekohľadu DOT, ktorého zaplatenie bolo hlavnou finančnou položkou tohoto projektu APVV bol pridelený na dni 3-31/8/2007. Člen kolektívu projektu bol počas kampane prítomný na Observatorio del Roque de los Muchachos ako člen opračného tímu ďalekohľadu DOT pre optimálne koordinovanie pozorovaní tohoto ďalekohľadu s ostatnými prístrojmi (Gömöry). Kampani je venovaná webová stránka, ktorá bola používaná na koordináciu pozorovaní počas prípravy i samotnej realizácie kampane (http://www.astro.sk/~choc/open/07_dot/07_dot.html). Na stránke je uvedený i prehľadný a podrobný záznam pozorovaní získaných v rámci kampane. Počas, i po skončení kampane, ktorú sme v rámci projektu riadili v spolupráci s rakúskymi kolegyňami, sa podarilo zabezpečiť jej publicitu vo verejnosti ako v Rakúsku, tak i na Slovensku.



Obr. 1: Holandský otvorený ďalekohľad – Observatorio del Roque de los Muchachos (ostrov La Palma, Španielsko): vľavo – celkový pohľad na vežovú konštrukciu nesúcu samotný ďalekohľad, vpravo – detail samotného ďalekohľadu s hlavným zrkadlom a detekčným systémom v Newtonovom ohnisku.



Obr. 2: Ukážka detailu slnečnej fotosféry (vľavo) a chromosféry (vpravo), získaných súčasne počas kampane 24. augusta 2008 – oblasť o veľkosti 36" x 36" s malou slnečnou škvrnou vľavo hore a filamentom (tmavá štruktúra) a supergranulárnou sieťou (jasná štruktúra) na pravom snímku, získanom v spektrálnej čiare H alfa Balmerovej série atómu vodíka.

Redukcia a zosúladienie dát: začiatok 02/2007 – koniec 12/2007

V rámci projektu boli vykonané práce na výbere najlepších pozorovaní, redukcii pozorovacieho materiálu a na zosúladiení týchto dát pre vybrané pozorovania mikroerupcií, erupcií a slnečnej supergranulárnej siete pre viacero pozorovacích dní. Jedná sa o pred začiatkom projektu získané pozorovania z 4/6/2006, 6/6/2006, 25/10/2005 a 12/07/1996, ako i dáta z hlavnej pozorovacej kampane projektu z augusta 2007 - nateraz z 22/8/2007 a 24/8/2007. Výber najlepších pozorovaní sa uskutočnil na stretnutiach širšieho tímu projektu vrátane kolegov z Rakúska a Chorvátska v Grazi a v Tatranskej Lomnici. Využili sme pritom



expertnú úroveň jednotlivých pracovníkov pre rôzne pozorovacie prístroje a družice. Pre redukciu pozorovaní boli použité znalosti získané pred začiatkom projektu ako i nové poznatky, ktoré získali členovia projektu (Rybák, Gömöry) na pracovnom stretnutí „Hinode Data Analysis Workshop“, ktorého sa zúčastnili vďaka podpore projektu APVV (http://www.ias.u-psud.fr/hinode/main_1st.php). Toto stretnutie bolo organizované tímom sondy Hinode pre európskych slnečných astronómov, zaujímavých sa o využitie dát pozorovaní z tejto družice. Na zosúladienie dát pozorovaní, ktoré je pre pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením nevyhnutné, boli použité skúsenosti a programy, vyvinuté členmi projektu. Dáta boli pripravené do špeciálneho, členmi projektu vyvinutého systému, umožňujúcu efektívnu prácu na analýze dát (Rybák).

Analýza dát: začiatok 06/2007 – koniec 12/2007

Vedecký cieľ 1/ - Supergranulačná sieť: Pre výskum ohrevu slnečnej koróny na hraniciach supergranulačnej siete boli nateraz používané doteraz najlepšie dáta pozorovaní z 25/10/2005. Analýza dát z 25/10/2005 ukázala, že bol viacerými prístrojmi zaznamenaný priebeh ohrevu koronálnych slučiek ukotvených na hranici supergranulárnej siete. Práca je dnes zameraná na potvrdenie/vyvrátenie tvrdenia či je dôvodom tohoto ohrevu rekonexia magnetického poľa v systéme nízkoležiacich slučiek na hranici supergranulárnej siete. Na overenie tvrdenia sa použijú dáta z prístroja MDI/SOHO, ktorý zaznamenal v čase pozorovaní hustotu magnetického toku zodpovedajúcu vertikálnej zložke vektora magnetickej indukcie s vysokým priestorovým rozlíšením. Z hlavnej pozorovacej kampane projektu z augusta 2007 boli nateraz dáta len prehlíadané a pre ďalšiu analýzu boli vybrané dáta z 3-5 a 18-20/8/2007.

Vedecký cieľ 2/ - Slnečné mikroerupcie: Pre výskum ohrevu slnečnej koróny v mikroerupciách a erupciách v aktívnych oblastiach boli nateraz používané doteraz najlepšie dáta pozorovaní z 4/6/2006 a 6/6/2006. Z hlavnej pozorovacej kampane projektu z augusta 2007 boli nateraz vybrané pre analýzu dáta pozorovaní z 22 a 24/8/2007, zatiaľ však prebehla len redukcia časti týchto dát. Kvôli dlhodobo pretrvávajúcej minimálnej úrovni slnečnej aktivity v auguste 2007 sa nepodarilo získať počas kampane dostatočne rozsiahly pozorovací materiál pre výskum mikroerupcií. Preto pripravujeme opakovanie pozorovacej kampane i v roku 2008, ale v obmedzenom rozsahu.

Vedecký cieľ 3/ - Koronálne zjasnenia: Pre tento cieľ sme použili unikátne pozorovania z 12/07/1996 ako bolo uvedené v návrhu projektu. Previedla sa nová redukcia pozorovaní z prístrojov EIT, CDS, a SUMER zo sondy SOHO (Rybák, Gömöry). Podarilo sa doteraz len zosúladienie dát z prístrojov EIT a CDS. V tomto roku nám budú poskytnuté i rádiové dáta z prístroja VLA počas návštevy pracoviska ETH/Institute for astronomy, Zurich (Švajčiarsko).

Vedecký cieľ 4/ - Vysokofrekvenčné oscilácie koronálnych slučiek: Pre tento cieľ sa nateraz nepodarilo uskutočniť pozorovania z observatória na Lomnickom štíte, úprava prístroja pre jeho použitie na koronografe na Lomnickom štíte sa ešte len pripravuje: úpravy boli navrhnuté a vykonané boli potrebné optické výpočty, zakúpené boli potrebné nové optomechanické prvky, prístroj sa pripravuje v dielňach Astronomického ústavu Univerzity vo Wroclawi (Poľsko) na základe spolupráce medzi týmto pracoviskom a AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici.



Interpretácia observačných výsledkov: začiatok 09/2007 – koniec 12/2007

Vedecký cieľ 2/ - Slnčné mikroerupcie: Nateraz sa podarilo úspešne interpretovať zaujímavý pozorovací materiál dvoch slnečných erupcií a s nimi súvisiacimi korónálnymi výronmi hmory, šíriacimi sa zo Slnka do okolitého medziplanetárneho priestoru. Podarilo sa nám, v spolupráci s rakúskymi a chorvátskymi kolegyňami a kolegami, jednoznačne dokázať **súčasnosť urýchlenia plazmy korónálneho výronu hmoty z rýchlosti ~10 km/s na rýchlosť ~1000 km/s s nárastom toku vysokoenergetického röntgenového žiarenia vznikajúceho počas erupcie súvisiacej s výronom hmoty**. Neurčitost súčasnosti sme odhadli na +/- 5 minút. Toto zistenie je interpretované ako dôsledok vzťahu medzi dynamikou výronu korónalnej hmoty a procesom rekonexie magnetického poľa v prúdovej vrstve pod výronom hmoty. Dôležitosť tohoto zistenia tkvie v tom, že štandardné pozorovania korónálnych výronov hmoty máme k dispozícii len z fázy po skončení urýchľovania pohybu plazmy a preto nebolo doteraz možné dostatočne presne určiť okamih urýchlenia – doterajšie údaje boli určované s neurčitostou väčšou ako 20 minút. Výsledok bol prezentovaný na viacerých konferenciách a práca bola prijatá na publikáciu v prestížnom celosvetovom časopise *Astrophysical Journal* ako „letter“ (Temmer, M.; Veronig, A. M.; Vršnak, B.; Rybák, J.; Gömöry, P.; Stoiser, S.; Maričić, D., Acceleration in Fast Halo CMEs and Synchronized Flare HXR Bursts, 2008, *ApJ* **673**, L95-L98).

Práca popisujúca celkovo priebeh, príčiny a dôsledky erupcie M-triedy z 6/6/2006 vrátane korónálneho výronu hmoty je pripravovaná do tlače po prezentácii výsledkov na viacerých podujatiach.

Zoznam príspevkov na konferenciách:

3rd Central European Solar Physics Meeting, Bairisch Koehldorf, Rakúsko, 10-12/10/2007

- M. Temmer, P. Gömöry, J. Rybák a kol.: "Acceleration Phase of Fast CMEs and Associated HRX Bursts"
- Veronig, M. Temmer, P. Gömöry, J. Rybák a kol.: "Coordinated RHESSI/CDS/TRACE/Halpha observations of chromospheric evaporation in an M-class flare"

Hinode Data Analysis Workshop, Orsay, Francúzsko, 13-15/11/2007

- M. Temmer, P. Gömöry, J. Rybák a kol.: "CMEs, Flares, and associated Coronal Wave Phenomena"
- P. Gömöry: "Observational evidences of the propagating waves in/above chromospheric network"

CESRA workshop "Solar Radio Physics and the Flare-CME relationship", Ioannina, Grécko, 12-16/6/2007

- A. Veronig, J. Rybak, M. Temmer, S. Stoiser, B. Vrsnak, W. Otruba: "Coordinated RHESSI/ CDS/TRACE/Halpha observations of chromospheric evaporation in an M-class flare"
- M. Temmer, A. Veronig, B. Vrsnak, J. Rybak, P. Gömöry, S. Stoiser : "Synchronization of CME acceleration and HXR emission"

7th RHESSI Workshop, Santa Cruz, California, USA 26-29/6/2007

- A. Veronig, J. Rybak, P. Gömöry, M. Temmer, S. Stoiser, B. Vrsnak, W. Otruba, W. Pötzi: "Coordinated CDS-RHESSI-TRACE-H-alpha observations of chromospheric evaporation in an M2 flare"



Vedecké ciele 1/, 3/, 4/ : Interpretácia prvých observačných výsledkov pre ciele 1/ a 3/ je plánovaná až v priebehu roku 2008 keďže v roku 2007 – prvom roku projektu – boli práce členov projektu zamerané hlavne na prípravu a prevedenie koordinovaných pozorovaní viacerými pozemskými ďalekohľadmi a prístrojmi umiestnenými na obežnej dráhe.

ROZBOR VÝSLEDKOV RIEŠENIA VZHLADOM NA STANOVENÉ CIELE:

V prvom roku riešenia projektu boli stanovené ciele a výstupy nasledovne:

- prípravu a prevedenie koordinovaných pozorovaní Slnka viacerými pozemskými ďalekohľadmi a prístrojmi umiestnenými na obežnej dráhe,
- zvýšenie výpočtového výkonu pre spracovanie dát pozorovaní a dátového priestoru pre dočasné uloženie dát pozorovaní,
- príprava pozorovacieho prístroja SECIS pre inštaláciu na observatóriu na Lomnickom štíte,
- redukcia a zosúladenie dát získaných pozorovaní,
- analýza týchto dát,
- interpretácia observačných výsledkov pozorovaní,
- popularizácia práce a výsledkov projektu vo vzdelávaní a pre verejnosť,

K jednotlivým cieľom a výstupom projektu boli dosiahnuté tieto výsledky:

- príprava a prevedenie koordinovaných pozorovaní:
 - dve koordinované kampane pozorovaní Slnka v apríli 2007 a v auguste 2007 s koordinovaným zapojením ďalekohľadov DOT (La Palma, Španielsko) a prístrojov CDS, SUMER, MDI, EIT sondy SOHO (ESA/NASA), prístrojov SOT, EIS, XRT družice HINODE (ESA/NASA/JAXA) a družice TRACE.
- zvýšenie výpočtového výkonu a dátového priestoru:
 - nákup a inštalovanie nového výpočtového servera pre spracovanie a analýzu dát pozorovaní
 - nákup a inštalovanie nového dátového diskového priestoru pre dočasné uloženie dát pozorovaní
 - nákup a inštalácie novej licencie programu Interactive Data Language IDL pre spracovanie a analýzu dát pozorovaní
- príprava pozorovacieho prístroja SECIS pre inštaláciu na observatóriu na Lomnickom štíte:
 - testy prístroja SECIS na koronografe na Lomnickom štíte
 - vypracovanie návrhu úpravy prístroja pre jeho stále použitie na koronografe na Lomnickom štíte s potrebnými optickými a mechanickými úpravami
 - zakúpenie potrebných optomechanických prvkov pre stále použitie na koronografe na Lomnickom štíte
- redukcia a zosúladenie dát získaných pozorovaní:
 - výber dát pozorovaní na finálnu redukciu a zosúladenie podľa ich komplexnosti, kvality a zaznamenaných javov: dni 4/6/2006, 6/6/2006, 25/10/2005 a 12/07/1996, 22/8/2007, a 24/8/2007.
 - finálna redukcia týchto dát o prístrojové efekty a kalibrácia do fyzikálnych jednotiek
 - zosúladenie dát vybraných pozorovaní z rôznych prístrojov do systému s jednotnými priestorovými súradnicami.



- analýza dát získaných pozorovaní:
 - Supergranulačná sieť: Analýza dát z 25/10/2005 ukázala, že bol viacerými prístrojmi zaznamenaný priebeh ohrevu koronálnych slučiek ukotvených na hranici supergranulárnej siete. Práca na potvrdení/vyvrátení tvrdenia či je dôvodom tohoto ohrevu rekonexia magnetického poľa v systéme nízkoležiacich slučiek na hranici supergranulárnej siete pokračuje. Na overenie tvrdenia sa použijú dát z prístroja MDI/SOHO.
 - Slnčné mikroerupcie: analýza mikroerupcií a erupcií pozorovaných v aktívnych oblastiach z najlepších dáta pozorovaní z 4/6/2006 a 6/6/2006.
 - Koronálne zjasknenia: prebehla analýza dát prístrojov CDS a EIT, objavila sa nová súvislosť medzi časovým a priestorovým výskytom zjasknenia UV emisií vznikajúcich pri teplotách plazmy medzi 100000 K a milión K a Dopplerovských posunov emisných čiar vznikajúcich v tejto plazme.
- interpretácia observačných výsledkov pozorovaní:
 - Slnčné mikroerupcie: Analýza súvisu tvrdého röntgénového žiarenia dvoch erupcií a akcelerácie s nimi súvisiacich koronálnych výronov hmoty ukázala súčasnosť týchto javov, čo je úplne nové zistenie dôležité pre pochopenie súvislostí a podstaty rekonexie magnetického poľa počas erupcií na Slnku. Publikácia bola prijatá v renomovanom svetovom časopise *Astrophysical journal*.
- popularizácia práce a výsledkov projektu vo vzdelávaní a pre verejnosť:
 - prezentácie vedeckej práce vykonávané v rámci projektu a v ňom dosiahnutých výsledkov na tlačovej besede k výsledkom Oddelenia fyziky Slnka AsÚ SAV, Košice, 31.10.2007 a následné rozhovory pre TASR, Slovenský Rozhlas a ďalšie médiá.
http://www.sav.sk/index.php?lang=sk&charset=&doc=services-news&news_no=1647
 - Dve prednášky o Slnku na podujatí „*Celoslovenský astronomický seminár pre učiteľov – 2007*“, Tatranská Lomnica, 4.-6. 10.2007, pre 60 účastníkov seminára
 - Verejná prednáška „*Slnčná astrofyzika pred 101 rokmi a dnes*“, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava, 16.10.2007
http://www.sav.sk/index.php?lang=sk&charset=&doc=services-news&news_no=1600
 - Štyri články v populárno-vedeckom časopise *Kozmos*, 2007, vol. 38, číslo 5
 - príspevky v ďalších novinách a webových portáloch na Slovenku a v Rakúsku, informujúcich o pozorovacej kampani projektu ako napr. WEBSAV
http://www.sav.sk/index.php?lang=sk&charset=&doc=services-news&news_no=1540 alebo
WEB UNI GRAZ http://www.uni-graz.at/newswww_detail.htm?reference=60775

UPRESNENIE HARMONOGRAMU PRÁČ A CIEĽOV NA NASLEDUJUCI ROK 2008:

Pozorovania – záznam dát: začiatok 01/2008 – koniec 12/2008

- opakovanie koordinovanej pozorovacej kampane DOT-SOHO-HINODE v prípade, ak bude zvýšená aktivita Slnka v lete 2008 a pozorovací čas na ďalekohľade DOT bude poskytnutý v kooperácii bezplatne alebo bude hradený iným subjektom-projektom. Opakovanie je potrebné kvôli nízkej aktivite Slnka v auguste 2007 čo viedlo k malému množstvu pozorovaní mikroerupcií. Žiadosti o pozorovací čas na ďalekohľad DOT už bola zaslaná. Aplikácie na prístroje sond SOHO, Hinode a TRACE budú zaslané v závislosti od odpovede tímu riadiaceho ďalekohľad DOTu.



- žiadosť o pozorovací čas na Vákuovom vežovom ďalekohľade VTT (Observatorio del Teide, Tenerife, Španielsko) v rámci projektu OPTICON na rok 2008 pre pozorovanie slnečných fibríl na hraniciach slnečnej supergranulárnej siete a pozorovanie rázových vln v slnečnej fotosfére.
- Inštalácia a testy upraveného prístroja SECIS, ktorý sa pripravuje v dielňach Astronomického ústavu Univerzity vo Wroclawi (Poľsko), na koronografe na observatóriu na Lomnickom štíte.

Redukcia a zosúladenie dát: začiatok 01/2008 – koniec 12/2008

- redukcia dát z hlavnej pozorovacej kampane projektu z augusta 2007 – okrem dát z 22/8/2007 a 24/8/2007, i prípadných ďalších vybraných pozorovaní, resp. nových pozorovaní získaných v roku 2008.
- redukcia dát z upraveného prístroja SECIS na koronografe na observatóriu na Lomnickom štíte.

Analýza dát: začiatok 01/2008 – koniec 12/2008

- analýza výsledkov pozorovaní mikroerupcií, slnečnej supergranulárnej siete a koronálnych zjasnení po ich redukcii a zosúladení so zameraním na verifikáciu možných fyzikálnych mechanizmov spôsobujúcich ohrev a dynamiku plazmy v slnečnej koróne a prechodovej vrstve medzi korónou a chromosférou

Interpretácia observačných výsledkov: začiatok 01/2008 – koniec 12/2008

- interpretácia výsledkov pozorovaní mikroerupcií z 4/6/2006, slnečnej supergranulárnej siete z 25/10/2005 a koronálnych zjasnení z 12/07/1996 s publikáciou výsledkov v referovaných karentovaných časopisoch

Popularizácia práce v rámci projektu vo vzdelávaní a pre verejnosť:

- prednášky na podujatí „Celoslovenský astronomický seminár pre učiteľov – 2008“, Tatranská Lomnica, 2. - 4. 10. 2008
- verejná prednáška „Slnečná astrofyzika pred 101 rokmi a dnes“ na ľudových hviezdárňach v niektorých mestách SR
- články v populárno-vedeckom časopise *Kozmos*