

Nové zajímavé výsledky o dynamice slunečních paprsků

M. Bělík, Hvězdárna v Úpici, Czech Rep., belik @obsupice.cz
K. Barczynski, Jagiellonian University, Krakow, Poland,
barczynski.krzysztof @gmail.com

Abstrakt

V práci jsou prezentovány některé zajímavé výsledky získané během pozorování několika úplných zatmění Slunce. Tato pozorování byla realizována během koordinovaných pozorování sluneční koróny podél pásu totality. Naše pozornost není zaměřena pouze na dynamiku polárních paprsků, ale rádi bychom ukázali některé dynamické vlastnosti tenkých paprsků nacházejících se v nižších heliografických šířkách.

1. ÚVOD

Jemné paprskovité struktury, nacházející se ve sluneční koróně zejména v oblastech koronálních děr obklopujících severní a jižní heliografický pól představují velmi zajímavé struktury, zvýrazňující mimo jiné magnetickou situaci v těchto oblastech. V našich minulých pracích (například Barczynski et. al., 2010) jsme tyto struktury a zejména jejich dynamiku pozorovanou během jednotlivých zatmění Slunce poměrně obsáhle popsali.

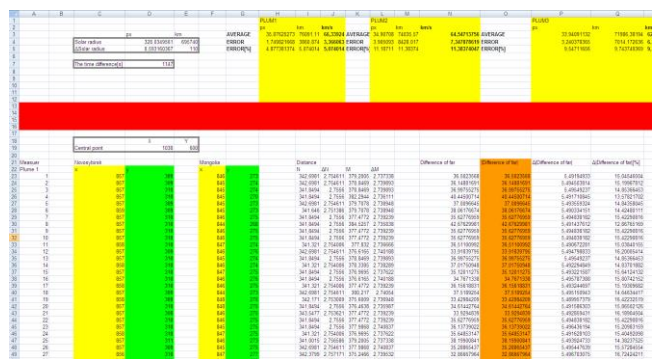
Podobné struktury jsou ovšem pozorované i v nižších heliografických šířkách. Jejich pozorování zde je ovšem poněkud ztíženo faktem, že se zde, na rozdíl od relativně málo strukturovaně komplikovaných polárních oblastí vyskytuje velké množství větších a mohutnějších koronálních struktur, které nám tyto jemné paprsky překrývají. I přesto je i zde možno pokusit se studovat rozložení a pohyb hmoty či projevy rázových vln v paprsku.

2. DYNAMIKA V POLÁRNÍCH PAPERSCÍCH

Na základě srovnávací analýzy obrazů sluneční koróny, pořízených z různých míst podél pásu totality a tedy v různých čase, lišících se řádově o jednotky až desítky minut, můžeme studovat strukturální změny v jemných strukturách polárních paprsků.

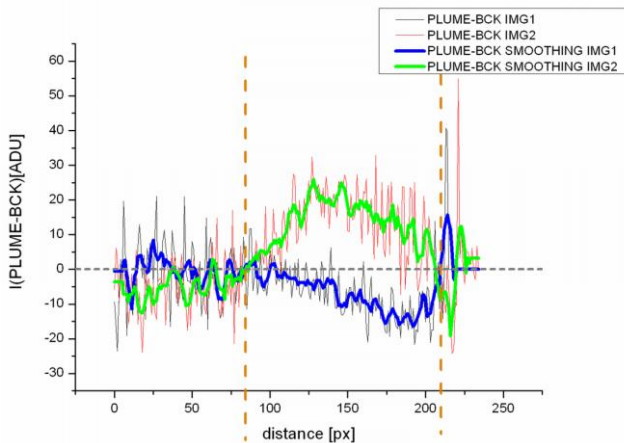
Tuto analýzu jsme prováděli na obrázcích zpracovaných numerickou metodou (např. Bělík et al., 2007), která podobně jako lidská zrak velmi citlivě zvýrazňuje oblasti změn jasu v obrazu. Tato metoda je velmi citlivá a umožňuje velmi efektivně hledat podobné změny v mnoha paprscích. Lidské oko totiž umožňuje velmi efektivně a přesně rozlišovat i jemné rozdíly jasu, které jsou při numerickém zpracování velmi problematicky detekovatelné. Navíc, vzhledem k tomu, že tyto paprsky nebývají ve většině případů rovné, nýbrž vykazují zakřivení, je jejich numerické proměření náročné a při

větším počtu studovaných paprsků prakticky nerealizovatelné. Přesto jsme se pokusili tuto vizuální metodu porovnávání obrazů verifikovat numerickou metodou. V rámci tohoto studia byla vyvinuta metoda, aplikovatelná na struktury, vykazující alespoň částečně lineární směr. Porovnáním výsledů získaných touto numerickou metodou s vizuálním srovnáváním jsme došli k závěru, že vizuální metoda je při stejné a mnohdy i lepší přesnosti detekce strukturálních změn v paprsku mnohem efektivnější a umožňuje kvalitativně lepší detekci „dynamických“ paprsků (Bělík a Barczynski, 2012). Vizuální analýza je prováděna několikanásobným odečtem polohy pozic jednotlivých strukturálních změn – zjasnění a statisticky zpracováno. Počet odečtů se standardně pohybuje okolo 50 na jednu pozici (obr. 1).



Obr. 1. Příklad souboru s vizuálními odečty polohy zjasnění v polárním paprsku.

Numerická metoda využívá porovnání průběhu intenzity podél osy paprsku, opravených o pokles jasu koróny měřený mimo studovaný paprsek, ovšem v jeho bezprostřední blízkosti. Tyto průběhy intenzit jsou provedeny pro obě pozorovací místa a srovnáním je určena pozice studované změny intenzity (obr. 2). Tato měření je

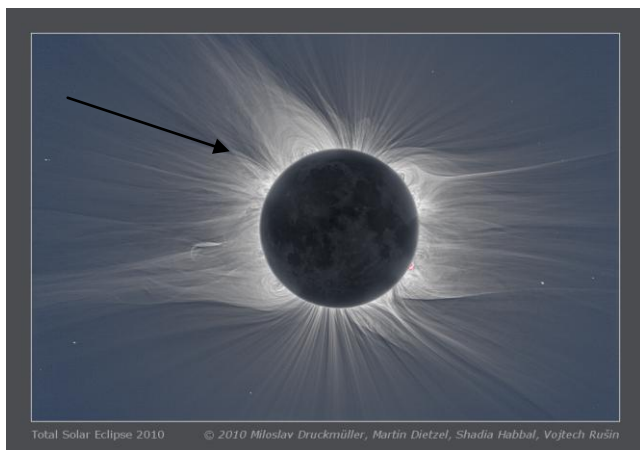


Obr. 2: Porovnání průběhu intenzit podél 2 identických paprsků pozorovaných ze 2 pozorovacích míst.

ovšem možno bez výrazných komplikací a snížení přesnosti realizovat pouze u paprsků lineárních.

Studovaná zatmění, respektive dynamické vlastnosti některých polárních paprsků během nich pozorované, vykazují pro různá zatmění některé společné vlastnosti. Ukazuje se, že zejména rychlosti pohybu zjasnění ve všech studovaných paprscích, které vykazovaly detekovatelnou dynamiku, se pohybují v rozsahu $32 - 146 \text{ km.s}^{-1}$, přičemž severní ani jižní polokoule nevykazuje žádné rozdíly. Průměrná rychlost pohybu je pak 67 km.s^{-1} .

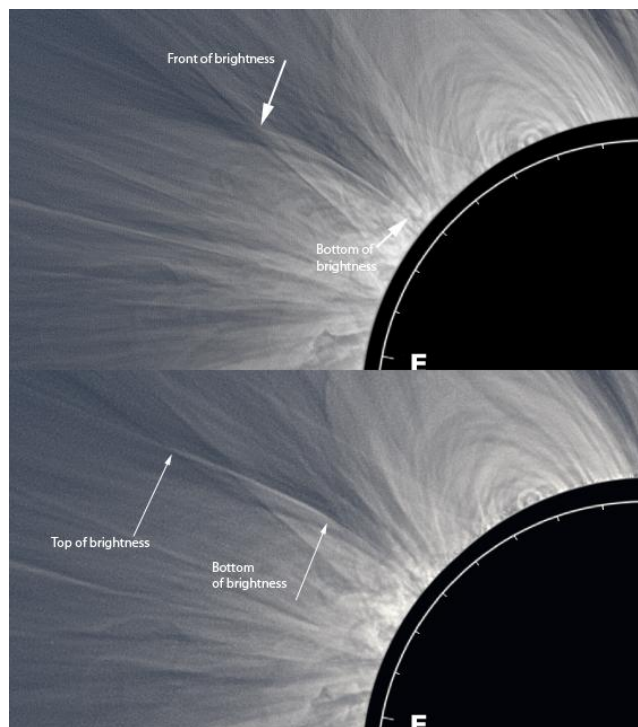
3. TENKÉ PAPSRY NÍŽŠÍCH HELIOGRAFICKÝCH ŠÍŘEK



Obr. 3: Obráz sluneční koróny pořízený během úplného zatmění Slunce 2010 (Tatakoto Atoll, French Polynesia) kolektivem Miloslav Druckmüller, Martin Dietzel, Shadia Habbal a Vojtech Rušin. Kromě polárních paprsků lokalizovaných v jižní polární oblasti vidíme i podobné struktury lokalizované v nižších heliografických šířkách (jeden příklad označen šipkou).

Paprsky, vzhledově podobné paprskům polárním se vyskytují i v nižších heliografických šířkách (obr. 3).

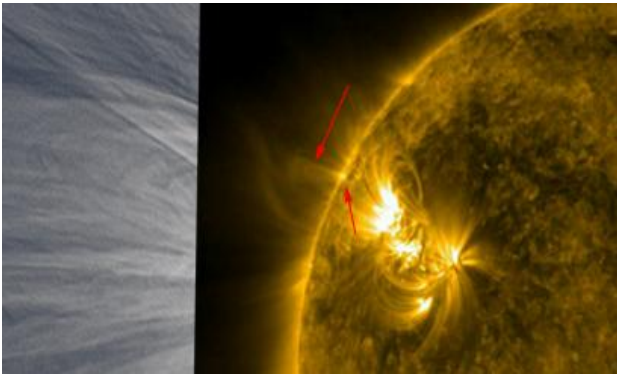
Typickým příkladem je například paprsek označený šipkou na obr. 3. Tento paprsek, nacházející se v pozičním úhlu 64° , vyazuje též strukturální změny. Proměřili jsme 2 snímky (Pasachoff et. al, 2011), pořízené jednak na atolu Tatakoto ($139^\circ 20' 0.3'' \text{ Z}$ a $17^\circ 20' 39.3'' \text{ J}$, maximální fáze: 18:45:54,1 UT) a na Velikonočních ostrovech ($109^\circ 19' 23'' \text{ Z}$ a $28^\circ 04' 26'' \text{ J}$, maximální fáze: 20:11:33,1 UT). Paprsek vykazuje na obou místech oblasti vyšší intenzity jasu, lokalizované vždy v různých částech paprsku (obr. 4).



Obr. 4: Pozice čela a zadní části zjasnění pozorované v paprsku v P.A. 61° . Pozice označeny šipkami s popisy.

Vypočtené rychlosti vzdalování čela a zadní části zjasnění jsou 89 km.s^{-1} , respektive 68 až 86 km.s^{-1} . Nejistota v určení rychlosti pohybu zadní části zjasnění je způsobena zejména nejednoznačným určením pozice zjasnění na snímku z atolu Tatakoto. V každém případě jsou tyto rychlosti v dobrém souladu s rychlostmi určenými pro polární paprsky.

Provedli jsme též srovnání se snímky sondy SDO, pořízenými v čase tohoto úplného zatmění. Ze srovnání s obrazem sluneční koróny pořízené na vlnové délce 171 Å se ukazuje, že paprsek je svou patou ukotven v místě se zajímavou smyčkovou strukturou a zejména se zjasněním v pozici odpovídající patě paprsku (obr. 5). V současné době ovšem nemůžeme s jistotou určit souvislost všech těchto pozorovaných jevů, zejména z důvodu nejistoty v určení přesné polohy paty paprsku z důvodu projekce.



Obr. 5: Projekce snímku pořízeného družicí SDO (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>) na obrázek koróny pořízená během TSE 2012 (atol Tatakoto).

3. ZÁVĚR

Údaje získané zpracováním pozorování úplných zatmění Slunce a prezentované v této práci ukazují některé dynamické vlastnosti tenkých struktur ve sluneční koróně, označovaných jako polární paprsky, či tenké paprsky vyskytující se v nižších heliografických šířkách. I když jsou vlastnosti posledně jmenovaných struktur popsány zatím pouze velmi předběžně, ukazuje se, že některé vlastnosti, jako například rychlosti pohybu hmoty v nich jsou velmi podobné. Ověření těchto výsledků bude následovat během dalšího studia podobných struktur.

Nejasná, a to u obou typů paprsků, zůstává otázka určení původce této dynamiky. Důvodem jsou zejména geometrické vlastnosti zobrazení třírozměrné reality do dvourozměrného zobrazovacího prostoru a poměrně krátká doba pozorovatelnosti úplného zatmění Slunce z povrchu Země. Tato situace je ještě více komplikována u paprsků pozorovaných v polárních oblastech.

V současné době probíhá další zpracování snímků úplných zatmění Slunce pořízených na různých místech pásu totality za účelem zpřesnění průběhu dráhy zjasnění skrze studované paprskovité struktury sluneční koróny. Naší snahou je zejména získání dalších pozorování jednoho a téhož zatmění pro upřesnění a vyloučení možných efektů způsobených zejména projekcí. Současně probíhá vývoj softwarového řešení vyhledávání paprsků vykazujících dynamiku a numerického odečtu pozic zjasnění i pro zakřivené paprsky.

LITERATÚRA

- Barczynski, K.; Bělík, M.; Marková, E.: Polar plumes dynamics observed during total solar eclipses, Proceedings of the 20th National Solar Physics Meeting, held 31 May - 4 June, 2010 in Papradno, Slovakia, p. 134-137
- Bělík, M., Marková, E., Druckmüller, M.: Dynamic of coronal structures from numerical processed total solar eclipse pictures; 2007; Solar Eclipse Conference SEC 2007, Griffith observatory Los Angeles
- Bělík, M., Barczynski, K.: Dynamika tenkých koronálních paprsků během úplných zatmění Slunce 2006 – 2010, předneseno na

konferenci Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí v Úpici v květnu 2012
 Pasachoff, J.M., Rušin, V., Druckmüllerova, H., Saniga, M., Lu, M., Malamut, C., Seaton, D. B., Golub, L., Engell, A. J., Hill S. W. a R. Lucas, .: 2011, ApJ, **734**, 114