

Úplné zatmění Slunce 2008 – první výsledky

Marcel Bělík¹, Eva Marková¹, Ladislav Křivský¹, Hana Druckmüllerová², Vojtech Rušin³,
Miloslav Druckmüller², Peter Aniol⁴, Peter Zimmermann³, Lubomír Klocok³, Jan Sládeček⁵,
Karel Martišek², Martin Dietzel

¹ Hvězdárna v Úpici

² VUT Brno

³ ASÚ SAV Tatranská Lomnica

⁴ ASTELCO Systems GmbH, Germany

⁵ ČHMÚ Praha

Abstrakt: Úplné zatmění Slunce 1. srpna 2008 bylo možno pozorovat zejména v oblasti Sibíře a Mongolska. V práci jsou popsány experimenty výprav Hvězdárny v Úpici, VUT Brno a AsÚ SAV Tatranská Lomnica do Ruska a Mongolska. Časový interval mezi pozorováními na obou stanovištích bylo 19 minut. I za tuto dobu vykazovala koróna významné změny jemných struktur, z nichž některé jsou ukázány v tomto příspěvku. Dále je popsán celkový stav sluneční koróny v době zatmění i některé její základní charakteristiky.

Total solar eclipse on August 1st, 2008 was observable mainly from Siberia and Mongolia. The main experiments of Observatory Úpice, Brno University of Technology and Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences are described in this paper. The time difference between both observation places was 19 minutes. This time interval was sufficient to show significant changes in faint coronal structures. Some of them are shown. Moreover, we describe the global state and some basic characteristics of solar corona during this eclipse.

Úvod

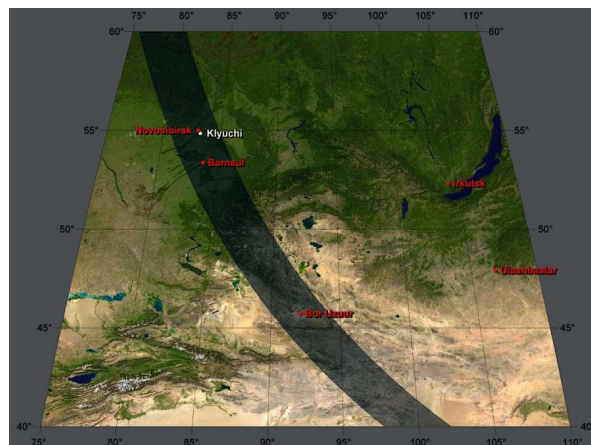
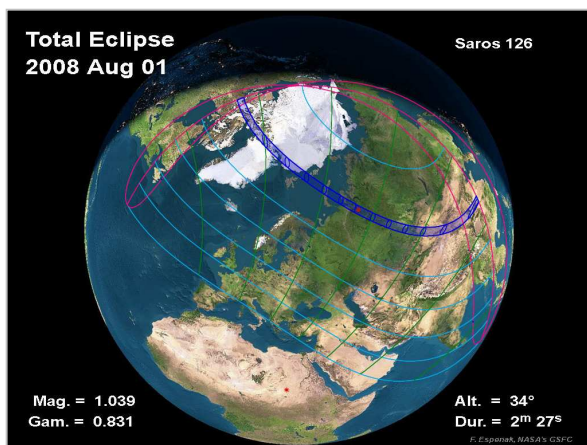
Úplné zatmění Slunce poskytuje i v době rozvinuté technologie družicového pozorování nedostižné snímky sluneční atmosféry, jaké nejsou zatím jiným způsobem dosažitelné. Navíc moderní matematické metody zpracování obrazu umožňují vizualizovat snímky získané během pozemských pozorování zatmění způsobem, který ukazuje velmi jemné struktury koronální plazmy. Výsledný obraz je tak víceméně limitován jen vlastnostmi a kvalitou záznamového zařízení a použitého optického systému.

Pro získání co nejlepších dat byl vytvořen projekt matematické vizualizace sluneční koróny M₂V (například Marková a kol., 2003). Expedice pracující v rámci tohoto projektu pořizují data v souladu s požadavky na toto matematické zpracování. Jejich umístění po pásu totality je v rámci technických možností realizováno tak, aby pokryly co možná největší oblast viditelností zatmění. Tím je dosaženo možnosti porovnávat strukturu koróny v delších časových intervalech až desítek minut pro pozorování dynamiky v koróně. Všechny tyto expedice pracují po vzájemné koordinaci svých programů a technického vybavení v rámci „Shadow track expedition“.

Takto získaná data jsou použita ke studiu jemné struktury koróny a její dynamiky.

1. Pozorovací stanoviště

Zatmění Slunce 1. srpna 2008 bylo pozorovatelné v pásu probíhajícím od Kanady před Grónsko a Arktický oceán, Rusko a Mongolsko do Číny. Vzhledem k dlouhodobým předpovědím počasí a délce trvání byly pro tým „Shadow-tracking expedition“ vybrána oblast centrální Asie. Rozmístění jednotlivých pozorovacích stanovišť (Novosibirsk, Rusko - Bor Udzuur, Mongolia) umožnilo pozorovat sluneční korónu v rozmezí 19 minut. Další informace doplňující informace o jednotlivých expedicích a experimentech lze nalézt na stránkách projektu <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/index.htm>.



Obr 1.: Průběh pásu totality pro zatmění 1. srpna 2008 (vlevo) a poloha pozorovacích stanovišť Novosibirsk, Klyuchi a Bor Udzuur týmu „Shadow-tracking expedition“ (vpravo).

1.1. Expedice Hvězdárny v Úpici a VUT Brno – Klyuchi

Pozorovací stanoviště této expedice bylo na Ionosferické observatoři Ruské Akademie Věd v Klyuchi, asi 15 km od Akademgorodoku v Novosibirsku. Přesné souřadnice místa byly E 83° 14.204', N 054° 50.397', alt. 160 m. 2. kontakt zde nastal v 10:44:31 UT, 3. kontakt v 10:46:47 UT. Fáze totality trvala 2 m 16 s. Slunce se v době zatmění nacházelo 30° nad obzorem.



Obr. 2: Areál Ionosferické observatoři Ruské Akademie Věd v Klyuchi. Vpravo část přístrojů během instalace.

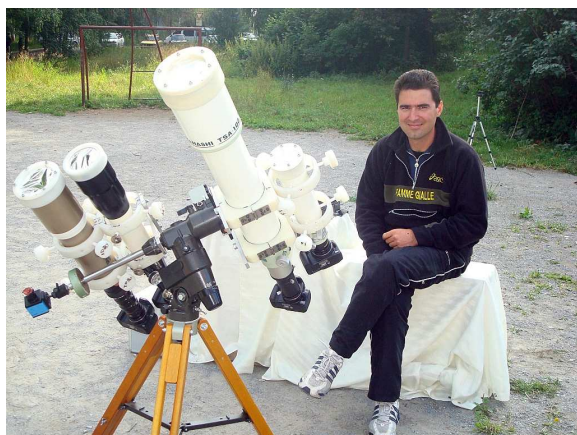


Obr 3.: Pozorovací stanoviště v době přípravy experimentů (vlevo) a během úplné fáze zatmění (vpravo). Pro snímání bílé koróny byly použity dalekohledy s ohniskovými délkami od 200 mm do 1875 mm, umístěnými na paralaktických montážích, nebo napájených siderostatem v mimoosovém uložení (dalekohled f=1875 mm).

Bylo snímáno na digitální fotoaparáty CANON EOS 350 D, 5D, 20D a 1D Mark II. Popis experimentů a vybavení lze nalézt v Křivský a kolektiv, 2008. Téměř všechny fotoaparáty byly řízeny ovládacím programem Multican od Jindřicha Nového. Každým teleskopem byla pořízena přesně definovaná série snímků podle potřeb zpracování matematickou metodou vizualizace detailů v koróně. Těsně po zatmění byly pořízeny série korekčních snímků – „flat field“, „dark frame“ a „bias frame“. Ty slouží k eliminaci falešných signálů daných šumem chipu, vadnými pixely či případnými nečistotami na snímači či dalších optických plochách. Dále slouží k odstranění vinětace objektivu. Stejně bylo postupováno i u ostatních expedic pracujících podle požadavku M2V (matematické metody vizualizace).

1.2. Expedice Constantinos Emmanouilidis

Pozorovací stanoviště se nacházelo přímo v Akademgorodoku v Novosibirsku, nedaleko hotelu Zolotaya Dolyna. Souřadnice místa jsou E83°05'44", N54°50'31", alt. 156 m. 2. kontakt zde nastal v 10:44:28 UT, 3. kontakt 10:46:46 UT. Totalita trvala 2 m 18 s. V době zatmění bylo Slunce 30° nad obzorem. Každým teleskopem byla pořízena přesně definovaná série snímků podle potřeb zpracování matematickou metodou vizualizace detailů v koróně. Těsně po zatmění byly pořízeny série korekčních snímků – „flat field“, „dark frame“ a „bias frame“.



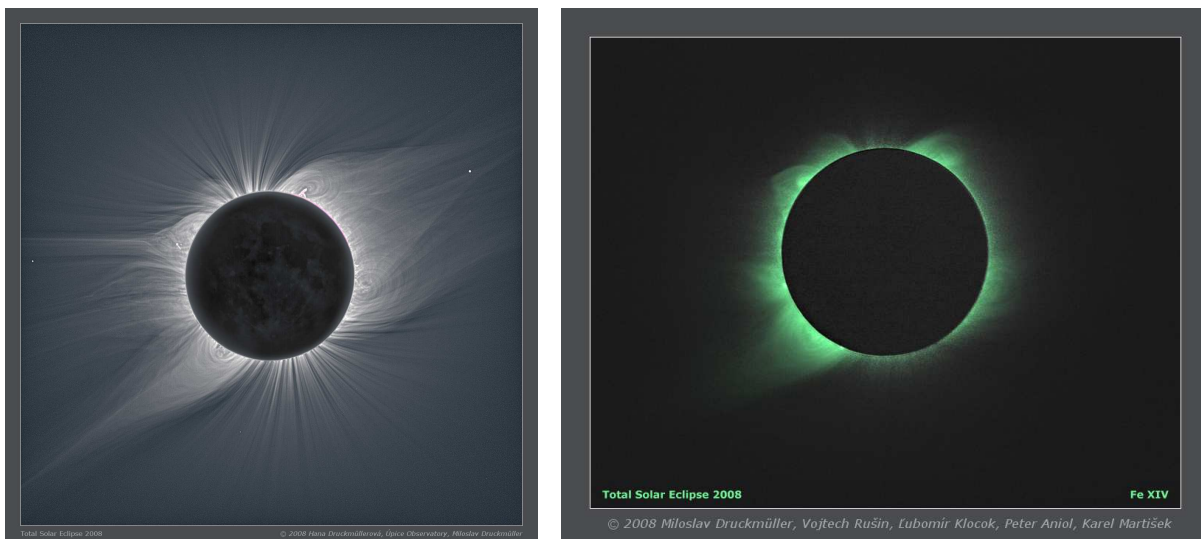
Obr 5: Pozorovací stanoviště v Akademgorodku v Novosibirsku (vlevo) a snímek pořízený přístrojem Takahashi FS60C s rovnačem pole, $f = 373$ mm, $f 6.2$ a Canon 350D. Kompozice 31 individuálních snímků.

1.3. Expedice AsÚ SAV, VUT Brno

Třetí stanoviště velmi rozsáhlé mezinárodní expedice se nacházelo v jiho-západním Mongolsku (Bor Udzuur, 45° 43.251' N, 92° 06.837' E, 1223 m altitude). Slunce bylo v době zatmění 22° nad obzorem. Expedice byla vybavena několika dalekohledy na precizní paralaktické montáži. Byly to zejména 105 mm TMB APO $f=620$ mm + Baader Flat-field FFC EFL s Canon EOS 1Ds Mark III, Canon 2.8/70-200 mm L nastavený na 200 mm s modifikovaným Canon EOS 5D (Hutech Ia), Canon EF 100-400 mm 1:4.5-5.6 L IS nastavený na 400 mm s Canon EOS 1D Mark III, Rubinar 10/1000 mm s Canon EOS 5D, dva 8/500 mm objektivy a Canon EOS 5D s extrémně úzkopásmovými filtry s propustností 0.15 nm. První filtr byl nastaven na emisní čáru Fe XIV 530.2 nm. Druhý byl naladěn mimo tuto čáru na 529.1 nm. Déle byly použity Sky-Watcher 65ED APO $f=400$ mm s Canon EOS 20D a H-alpha 6 nm filtrem, Maksutov-Cassegrain 3M-6A, 6.3/500 mm s Canon EOS 350D. Systém pořizování expozic byl řízen počítačem. Těsně po zatmění byly pořízeny série korekčních snímků – „flat field“, „dark frame“ a „bias frame“.

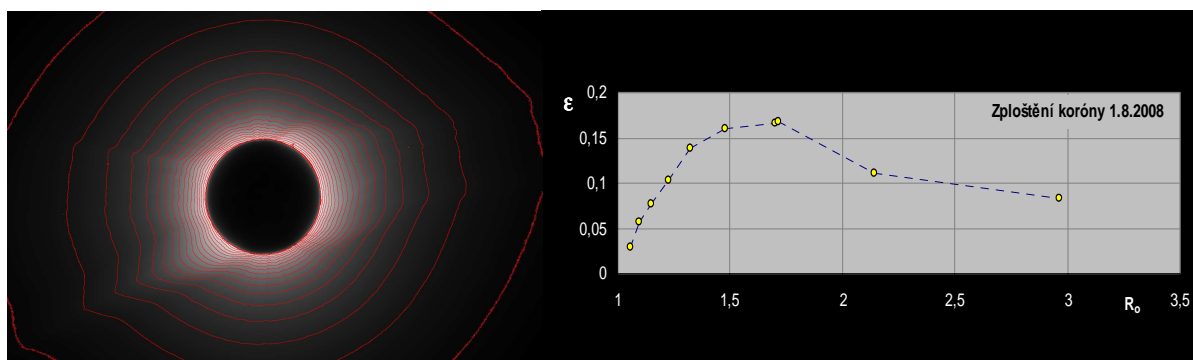
2. První výsledky

Během expedice bylo získáno obrovské množství pozorovacího materiálu, který je v současné době postupně zpracováván.

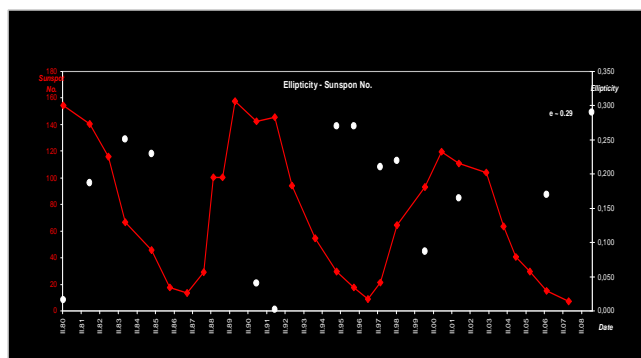


Obr 4.: Sluneční koróna pozorovaná v Klutchi. Kombinace z přístroje Maksutov-Cassegrain MC 3M-5CA, 8/500 mm, Canon EOS 1D Mark II digital camera (ISO 100), 1/125 s - 8 s (56 expozií) a Rubinar 8/500 mm, Canon EOS 20D digital camera (ISO 100), /500 s - 8 s (30 expozií). Poloha Měsíce odpovídá situaci 120 sec po druhém kontaktu, tedy 10:46:31 UT (vlevo). Vpravo koróna v čáře Fe XIV (Mongolsko).

Z tvaru izofot získaných zpracováním surových snímků byl určen index zploštění, definovaný Ludendorffem (1928). Pro korónu v okamžiku zatmění 2009 byl $\epsilon = 0,26$. To ukazuje, že tvar koróny je silně protáhlý, tedy odpovídající období minima sluneční činnosti, ve kterém se Slunce nacházelo, což je vidět i na obr 6.



Obr 5.: Izofoty pro zatmění 1.8.2008 (vlevo) a průběh zploštění v závislosti na R_{\odot} (vpravo).



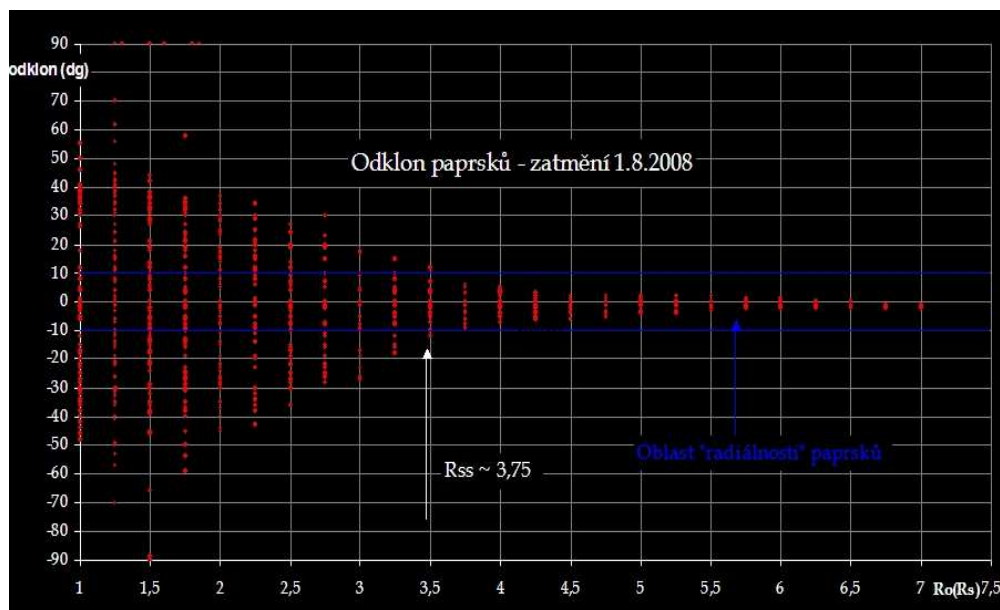
Obr 6.: Průběh relativního čísla slunečních skvrn (<http://sidc.oma.be/index.php>) a zploštění koróny od roku 1980 do 2008.

Po zpracování snímků metodou matematické vizualizace obrazu byly získány obrazy sluneční koróny s velkým rozlišením. Porovnáním pozorování ze všech třech pozorovacích stanišť byly vytipovány zajímavé oblasti s výraznou dynamikou, které budou během dalšího studia podrobeny detailnímu zkoumání.



Obr 7.: Příklad oblasti NE přilbicové struktury s velmi rychle se měnícími strukturami koronální plazmy.

Zpracovaná snímky s velmi dobře patrnými strukturami byly též využity pro určení poloměru zdrojové plochy R_{ss} , což je jeden ze vstupních parametrů výpočtu modelu magnetického pole ve sluneční koróně. Jako R_{ss} se uvažuje vzdálenost od Slunce od které jsou magnetické siločáry, v obrazu koróny zviditelněné koronálními strukturami, již pouze radiální. Pro zatmění 1.8.2008 byl poloměr zdrojové plochy určen na $R_{ss} = 3,75$.



Obr 8.: Odklony koronálních struktur od radiálního směru v závislosti na R_s pro zatmění 1.8.2008.

3. Závěr

Na základě zpracování snímků úplného zatmění Slunce v rámci projektu M_2V bylo zjištěno, že sluneční koróna byla velmi zploštělá, což odpovídá stavu sluneční aktivity určeného z počtu slunečních skvrn. Byl určen poloměr zdrojové plochy $R_{ss} = 3,75$. Dále byly vytipovány zajímavé oblasti s velkou dynamikou pro další studium tohoto fenoménu.

Tato práce byla realizována za podpory grantu GAČR 205/09/1469.

4. Literatura

Marková, E., Ambrož, P., Druckmüller, M., Křivský, L., Bělík, M.: Jemné struktury ve sluneční koróně během úplného zatmění Slunce – problémy vizualizace a využití; Bulletin konference "Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí", Úpice, květen 2003, Hvězdárna v Úpici

Křivský, L., Marková, E., Bělík, M.: Experimenty Hvězdárny v Úpici pro zatmění Slunce v roce 2008; 19. Celostátní sluneční seminář, Papradno (Povážská Bystrica), 12. – 16. května 2008, Slovenská ústředná hvězdárna Hurbanovo, 116-119

Ludendorff, H.: 1928, Sitz. Ber. Preuss. Akad. Berlin, **16**, 185