

SKVRNA

Číslo: 3

Vychází dne: 9. 7. 2003

Sluncem se sice ocitlo na sestupné části jedenáctiletého cyklu aktivity, přesto máme v poslední době častokrát příležitost pozorovat velké skvrny pouhým okem. Běžné jsou dokonce opakované návraty výrazných aktivních oblastí. Tento jev není spojen pouze s probíhajícím cyklem, mnoho autorů poukazuje, že maximum výskytu velkých a stabilních slunečních skvrn je poněkud opožděno oproti maximu relativního čísla. Popravdě řečeno, tato závislost není doposud spolehlivě prokázána a neexistuje ani jednotné teoretické vysvětlení, proč by tomu tak mělo být. Gordický uzel mohou rozetnout jen delší řady pozorovacích dat, k čemuž můžete pomoci i vy. Pozorováními skvrn pouhým okem (samozřejmě přes příslušný filtr). Přestože pozorovací řada sahá až do starověké Číny, je jasné, že problematika výskytu velkých skvrn je stará jen pár desetiletí. A tak neklesejte v aktivitě společně se Slunce a zkuste pozorovat skvrny i bez pomoci dalekohledu. Denně vás to nezdrží déle než pár minut (nezapomeňte však, že takové pozorování má cenu jen v případě, že je kompletní – čili včetně negativních pozorování). A můžete pomoci třeba k odhalení některé ze slunečních záhad.

Michal Švanda

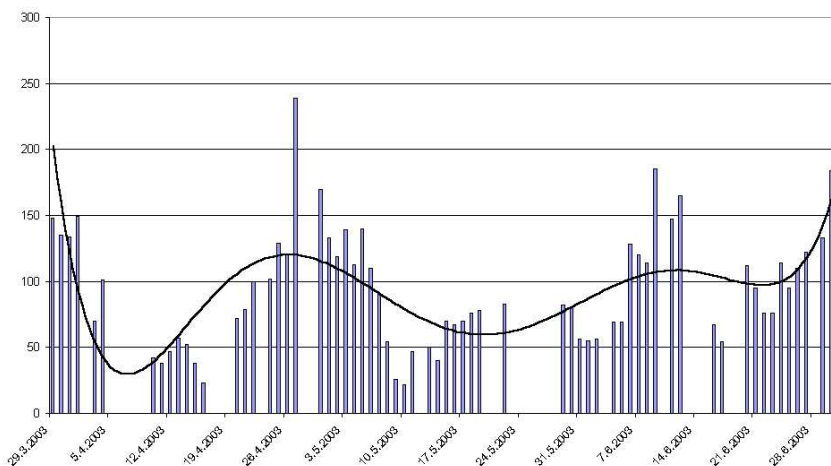
Zakreslování Slunce na ŠH v první polovině roku 2003

Na konci března jsme po několika-měsíční přestávce, způsobené opravou objektivu, opět začali zakreslovat sluneční fotosféru. K pozorování používáme refraktor s průměrem objektivu 200 mm a ohniskem 3000 mm v Hlavní kopuli. Data z těchto pozorování pravidelně posíláme do Bruselu (SIDC), do Paddebornu (Inter-Sol) a Valašského Meziříčí.

Ohlédněme se za uplynulými třemi měsíci a udělejme si malou bilanci: Celkem jsme pořídili 65 kreseb v 65 dnech z 94, což je téměř 70 %. Relativní číslo dosáhlo nejvyšší hodnoty 27. 4. 2003 ($R = 239$, pozorovala Eva Grillová), nejnižší hodnoty pak 10. 5. 2003 ($R = 22$, pozoroval Zdeněk Šustr).

Celkem se na zakreslování podílelo 11 pozorovatelů, počty pozorování

Pozorování Slunce na ŠH od 28.3.2003 do 30.6.2003 - vývoj relativního čísla



Obrázek 1: Vyneseme-li do grafu relativní čísla v závislosti na čase, můžeme sledovat, jak se vyvíjela sluneční činnost ve druhém čtvrtletí. Tlustá čára jsou vyhlazená data přes jednu otočku. Lokální maxima (dá-li se to tak nazvat) souvisí s výskytem velkých skupin na počátku května a v polovině června.

jednotlivých pozorovatelů shrnuje tabulka.

Pozorovatel	Celkem
Kožuško Jan	19
Sovová Žofie	12
Libý Vladimír	7
Sainerová Jana	7
Šustr Zdeněk	6
Grillová Eva	5
Švanda Michal	4
Fremunt Ondřej	2
Blažek Martin	1
Kopecký Vladimír	1
Prosecký Tomáš	1

Pozorovalo se zpravidla za dobrých podmínek, převážná většina pozorování

proběhla při podmínkách 3 nebo 4 podle klasifikace SIDC.

Podmínky	Celkem
1	2
2	6
3	25
4	24
5	8

Abych vyvážil předchozí tabulku, ve které jsem si dovolil obsadit první příčku, uvedu na závěr pro odlehčení ještě dvě statistiky, a to závislost průměrného relativního čísla na osobě pozorovatele, kde jsem pro změnu téměř poslední, a průměrná relativní čísla



Obrázek 2. Kresby zachycují vývoj skupiny NOAA 349, která byla na počátku května dobře viditelná i pouhým okem. Autory kreseb jsou odshoda zleva: Žofie Sovová (30. 4.), Tomáš Prosecký (1. 5.) a Michal Švanda (3. a 4. 5.).

v závislosti na pozorovacích podmínkách.

Pozorovatel	Průměrné R
Grillová Eva	140,40
Prosecký Tomáš	133,00
Fremunt Ondřej	121,50
Švanda Michal	106,25
Sainerová Jana	104,14
Šustr Zdeněk	97,67
Kopecký Vladimír	91,00
Sovová Žofie	89,92
Libý Vladimír	87,43
Kožuško Jan	78,11
Blažek Martin	54,00
Celkově	94,43

Podmínky	Průměrné R
1	82,50
2	99,00
3	99,24
4	94,46
5	78,88
Celkově	94,43

Nyní na začátku léta bych chtěl všem kresličům poděkovat za spolupráci a pevně věřím, že si na zakreslování sluneční fotosféry najdete čas i během letních služeb.

Jan Kožuško

Trojrozměrné obrázky Slunce

Astronomové odpradáвна touží po poznání skutečné podstaty nebeských objektů. Tato cesta je dlážděna tolika úska-

lími, kolik si jich jen dovedeme představit. Jak s oblibou říká jeden nejmenovaný vysokoškolský pedagog a vynika-

jící astronom: „Matka příroda je pěkná potvora a kde může, hodí nám klacek pod nohy.“

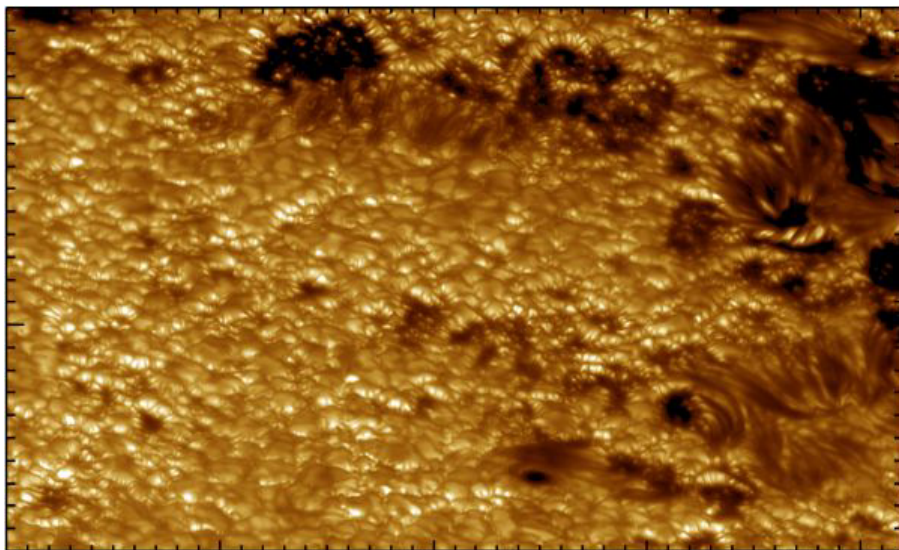
V případě Slunce je situace úplně ta samá. Jen přijmout fakt, že naše mateřská hvězda, je prachspřstá „koule žhavicích plynů“, nějakou dobu trvalo. Už proto, že byla často předlohou pro nejedno božstvo. S narůstající dokonalostí pozorovací techniky padala dogmata, která fakticky neumožňovala přijetí na tehdejší dobu možná bizarních teorií, které se později ukázaly více než jen realistickými. Dnes jsme v úplně jiné situaci. Nejen ve sluneční fyzice existují na vysvětlení nejrůznějších astronomických jevů mnohé teorie, mnohdy se zcela od podstaty k projevům vzájemně lišící. Co ale chybí, je observační podpoření nebo vyvrácení.

A tak jsme se již přehoupali od dvojrozměrných obrázků fotosféry Slunce a od dvojrozměrných modelů podporchové konvekce a slunečních skvrn k trojrozměrných. Zde je však veliký problém. O tom, že bychom zvládli Slunce pozorovat ve velkém rozlišení skutečně třírozměrně nemůže být řeč. Jednoduše proto, že tato hvězda je od Země příliš daleko na to, aby budila trojrozměrný vjem, byť bychom ji pozorovali simultálně ze dvou dostatečně vzdálených observať. Lidstvo také doposud nezkonstruovalo žádnou sluneční kosmickou sondu, která by s velkým rozlišením poskytovala výrazně úhlově odlišný pohled, než máme ze své rodné hroudy.

Na děje ve fotosféře s vysokým rozlišením se stále díváme úplně stejně, jako na fotografii. Přestože je nesporné, že jevy jako granule nebo sluneční skvrny mají své projevy i ve třetím (radiálním) rozměru a přestože by nás tyto projevy sebevíce zajímaly, prozatím jsme neměli tu šanci.

Až doposud. Situace se změnila minulý rok s výstavbou nového slunečního dalekohledu na Kanárských ostrovech (konkrétně na ostrově La Palma). Jmenuje se SST (Swedish Solar Telescope), má průměr celý jeden metr a využívá dobrodiní adaptivní optiky, což mu umožňuje (ve spojení se špičkovým počítačovým zpracováním obrazu) dosáhnout rozlišovací schopnosti až 0,1", což odpovídá ve vzdálenosti Slunce 75 km.

Hlavním trikem k pohledu do třetího rozměru je nedívat se přímo, ale bokem. S útvary, které se pohybují na středu disku se tedy nic nezměnilo. At' chceme – nebo ne, prozatím je budeme pozorovat stejně jako jednoocí. Situace se změnila v oblastech, které jsou blízko slunečního limbu. Do jejich pozorování se doposud pouštěli jen dobrodruhové. Zkreslení způsobené projekcí je totiž velké, informace je tedy více zhuštěna a s úhlovou vzdáleností od středu disku rapidně klesá rozlišovací schopnost. Zatímco na středu disku 1" znamená skutečně těch avizovaných 750 km v rovině (spíše kouli) sluneční fotosféry, 60 stupňů od středu už je to už zhruba dvojnásobek a na 75ti stupních již téměř čtyřnásobek.



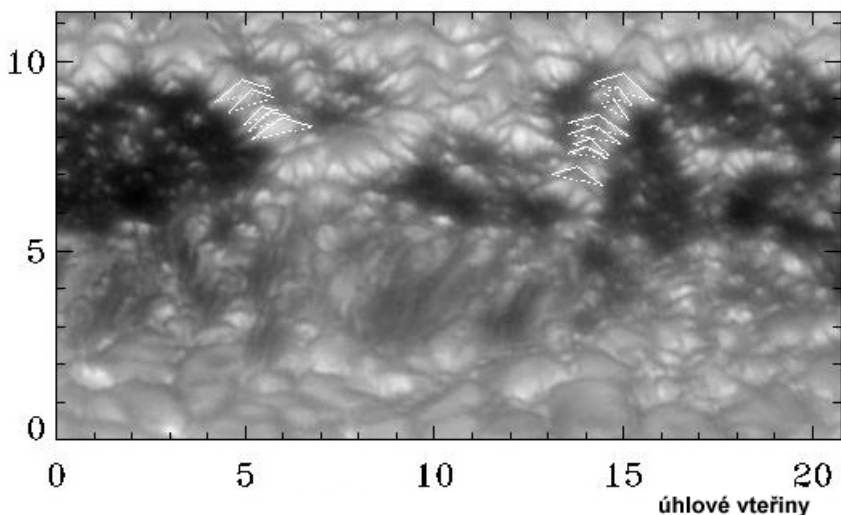
Obrázek 3: Sluneční skvrna a granulace v blízkosti okraje slunečního disku. Všimněte se výrazných zjasnění v okolí slunečních skvrn. Jde o teplejší „stěny prohlubenin“ magnetických elementů.
© Švédská královská akademie věd

Již první snímky pořízené přes SST přinesly vědcům několik překvapení a také mnohé naděje.

Panuje přesvědčení, že fotosféra je relativně plochá a prakticky bez nějakých zajímavých struktur, vyjma sluneční granulaci (o níž je jasné, že jde o třírozměrný útvar. Ale i o nich se předpokládalo, že se v podstatě jen „vylévají“). Tu a tam se ve fotosféře vyskytují i nějaké sluneční skvrny. Od nových 3-D obrázků granulí se očekává, že pomohou rozluštit jejich mnohá tajemství. Jen pro pořádek zopakujme, že jde o nepravidelný konvektivní obrazec, který je důsledkem mohutných konvektivních pohybů v podfotosféric-

kých vrstvách. Fakticky jde o vršíčky těch nejjemnějších konvektivních struktur, o konce vzestupných proudů přinášejících z nitra Slunce teplo na povrch (a začátky sestupných proudů ochlazeného plazmatu). Typický rozměr každé granule je 1000 km a střední doba jejich života se pohybuje v pouhých minutách. Všimnout si jí můžete i při pozorování Slunce dalekohledem. Laickou obdobou granulace je hladina vody vařící se v hrnci, jen si musíte odmyslet bublinky.

Rychlostní pole granulí v rovině fotosféry je stále vědním cílem pro mnohé studie, třetí složka jejich pohybu (kolmo na rovinu fotosféry) je



Obrázek 4: Detail granule na snímku z SST. Prostorový vjem je naznačen trojúhelníčky. © Švédská královská akademie věd

však prakticky pouze ve stádiu teoretických úvah, jejichž správnost je v podstatě možné ověřit pouze dopplerovým jevem.

Nové obrázky například ukázaly, že okraje skvrn a nedochůdčata ve skvrnovém vývoji – póry – se rozplývají do okolní granule. To již bylo teoreticky předpokládáno, ale nikdy pozorováno. Ona „vařící se“ fotosféra tedy fakticky sluneční skvrny jakoby obrušuje od okrajů.

Dále se ukázalo, že granule v oblastech s magnetickým polem (čili v takových, kde se typicky vyskytují právě sluneční skvrny), jsou jakoby vyvýšeny nad své okolí a mají jasnější okraje, než jejich protějšky v klidných oblastech. Magnetická pole je tedy v těchto ob-

lastech spíše „propadlinou“ s velmi jasnými stěnami. Přesně tak, jak předpovídala i teorie.

Zdá se, že tento jev by mohl významným způsobem korespondovat s jasnými vláknitými strukturami, které jsou pozorovány především v okolí skvrn a také v okrajových částech disku již staletí a které se nazývají fakule.

Souvisí to s jedním ne dobře pochopených jevů sluneční fyziky. Když totiž tato hvězda dosáhne ve svém cyklu maxima, je poměrně hodně pokryta tmavými skvrnami. Přesto je celkový zářivý výkon asi o jedno promile vyšší. Obecně se tento jev přisuzuje právě fakulím, kterých je statisticky v době maxima také více, dokonce čtyřikrát tolik, co skvrn. Přestože teplotní kontrast

není tak výrazný, fakule nejenže se skvrnami uhrajou plichtu, ale mají dokonce to promile navíc.

Obecně se předpokládalo, že magnetické pole bude působit jako „díra“ ve fotosféře a že „stěny“ tohoto „propadliště“ budou asi o 400 stupňů teplejší, než granule. Soudilo se, že to je podstatou fakulí. Nyní se zdá, že tomu tak skutečně bude. Z pozorování na SST bylo též odhadnuto, o kolik jsou magnetické struktury vnořeny do fotosféry – ukazuje se, že je to něco mezi 150 a 400 kilometry.

Zajímavosti se objevily i v obrazech slunečních skvrn – zejména nádherné jsou světelné mosty klenoucí se v pětisetkilometrové výšce nad skvrnami. Zde je zatím stále více otázek, než odpovědí.

Brána nových informací o naší nejbližší hvězdě (ale také nových otázek) je tedy otevřena. Nezbyvá, než se zhluboka nadechnout a vkročit.

Podle Science@NASA.

Michal Švanda

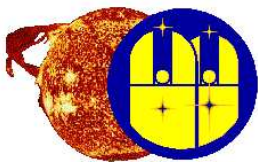
Novinky (nejen) ze Sekce

- Asi víte, že Sluneční sekce vypsala v rámci projektové soutěže Hvězdárny a Planetária hlavního města Prahy velký projekt činnosti. Beze změny se bude pokračovat v již zaběhnutých projektech (Fotosferex, pozorování skvrn pouhým okem) i v nově nastartovaných (Inter - Sol). Kromě toho zřejmě dojde ke koupi digitálního fotoaparátu pro Sekci, neboť jsou ústředím ve Valašském Meziříčí požadována i fotografická data fotosféry i chromosféry. Kromě toho se počítá i s vlastním zpracováním sekvence snímků chromosféry. Nasazení digitálního fotoaparátu se bude nejprve testovat, až bude mít projekt ostřejší obrysy, budeme všechny zájemce o spoluúčast včas informovat. Během prázdnin je v plánu uzavřít digitalizaci archívu za účelem získání dlouhodobého trendu relativního čísla. Práce koordinuje Žofie, návod visí v klubovně. V případě problémů kontaktujte telefonicky Žofii. Zřejmě po prázdninách se bude ve vyhodnocování pokračovat, kdy se zpracují kresby, u nichž je známa orientace, pro účely trendu motýlkového diagramu v minulosti.
- Sluneční kombajn SoHO (Solar and Heliospheric Observatory) má velké problémy. Již sedm let přesluhující observatoř (vypuštěnou v roce 1995) totiž postihla mechanická závada na motoru navádění antény. Občasné korekce směru antény jsou nutné, neboť sonda obíhá kolem libračního bodu L_1 a její směr vzhledem k Zemi se mění. Úsilím pozemního technického personálu se nakonec podařilo dospět ke stavu, kdy bude vysílání sondy občas krátkodobě přerušeno kvůli špatnému směru hlavní antény; tato krátká přerušování by

ale neměla významně ovlivnit probíhající vědecké experimenty. Připomeňme ještě, že ztráta této jedinečné družice byla již několikrát odvrácena díky umu techniků, kteří mimo jiné dokázali na dálku zcela přeprogramovat systém orientace družice po výpadku všech gyroskopů v roce 1998.

- Data ze sondy Ulysses, která se nachází na vzdálené polární dráze Slunce, pomohla ověřit jeden z nejdokonalejších magnetohydrodynamických simulátorů chování slunečního větru v meziplanetárním prostoru. Pete Riley a jeho tým ze Science Applications International Corporation (SAIC) v San Diegu použili pro studium komplexních změn magnetického pole superpočítač se jménem Blue Horizon a na něm s pomocí svého kódu namodelovali meziplanetární magnetické pole (konkrétně strukturu zvanou proudová vrstva) za poněkud nestandardní situace – během přepólování v roce 2001, kdy se Slunce zdánlivě jevílo jako hvězda se dvěma severními póly, zatímco ten chybějící jižní byl roztroušen v rovníkové oblasti. Měření charakteristik slunečního větru z Ulysses ukázala, že v tomto případě model spolehlivě obstál. Při řešení magnetohydrodynamických rovnic byla jako okrajové podmínky brána fotosférická magnetická pole, která jsou běžně k dispozici z mnoha observatoří. Ladění programového kódu samozřejmě pokračuje i nadále, snahou je zahrnout do výpočtu i faktory, které jsou v současné verzi programu zanedbány. Pokud dojde k dalšímu nezávislému ověření jeho spolehlivosti, mohl by hrát významnou roli při předpovídání kosmického počasí.
- Teplota ve slunečních erupcích může být vyšší, než si vědci doposud mysleli. Z pozorování s vysokým rozlišením pořízených družicí RHESSI vyplývá, že teplota ve sluneční erupci může vyrůst až na 45 milionů stupňů. To je o více než 10 milionů více, než ukazovala předchozí pozorování. Tento skok se vysvětluje právě lepším rozlišením RHESSI. Přístroje, které jím nedisponují, průměrují horká vlákna v erupcích s chladným okolím, což měřenou teplotu samozřejmě zkresluje.

Michal Švanda



SKVRNA je nepravidelným zpravodajem *Sluneční sekce Štefánikovy hvězdárny* v Praze. Adresa redakce: Štefánikova hvězdárna – Sluneční sekce, Petřín 205, 118 46 Praha 1, e-mail: skvrna.redakce@seznam.cz, webové stránky: <http://www.observatory.cz/slunce>. Za obsah článků odpovídají autoři. Sazba Michal Švanda systémem L^AT_EX.