

Studium časového vývoje erupcí v čarách vodíku a vápníku

Eva Marková¹⁾ (eva.radec @seznam.cz) a Petr Heinzel²⁾ (petr.heinzel @asu.cas.cz)

1) Sluneční sekce ČAS, 2) Astronomický ústav AV ČR, v.v.i. Ondřejov

Abstrakt:

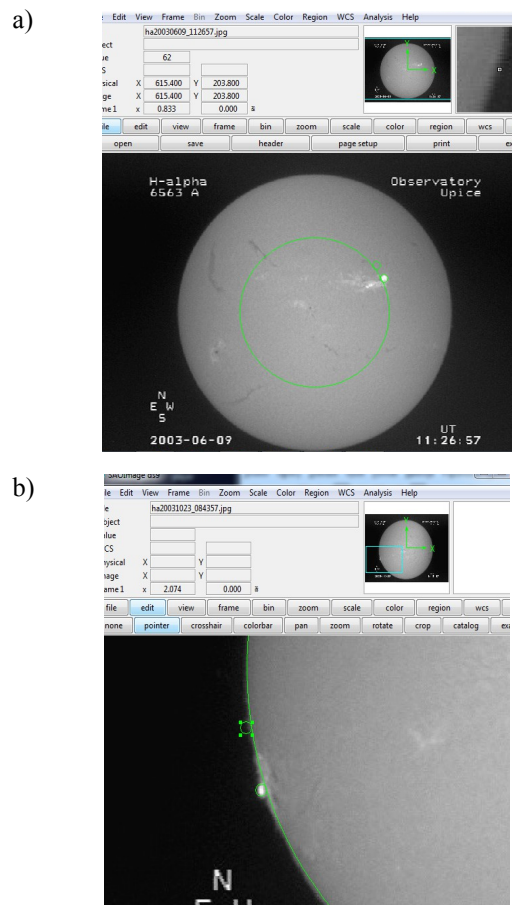
Cílem práce je porovnání světelných křivek v čarách H α a CaII K, přičemž analýza těchto křivek je zaměřena na integrální emisi celé erupce. Jsou studovány rozdíly mezi erupcemi, které se vyskytly na disku a na limbu. K pořízení světelných křivek jsou použita data získaná pozorováním celého disku Slunce filtry ve dvou spektrálních čarách (H α a CaII K) kvazi-současně. Studium světelných křivek má velký význam pro pochopení vývoje erupcí a mechanismů přenosu energie z koróny do chromosféry.

1. POUŽITÁ DATA

Světelné křivky byly studovány na základě celodiskového pozorování dvěma filtry současně. Byly použity filtrogramy erupcí v čarách H α a CaII K, které byly pořízeny na Hvězdárně v Úpici. Zaměřili jsme se jak na erupce na disku, tak na limbu a poblíž limbu, abychom zjistili, zda je časový vývoj v obou případech totožný a nebo se liší. Na disku byly vybrány erupce z 9.6.2003 v aktivní oblasti NOAA 10375, z 29.7.2002 v aktivní oblasti NOAA 10039 a z 7.6.2007 v aktivní oblasti NOAA 10960. Na limbu a poblíž limbu byly zpracovány erupce z 23.10.2003 v aktivní oblasti NOAA 10486, z 21.3.2003 v aktivní oblasti NOAA 10314 a z 14.2.2003 v aktivní oblasti NOAA 10284.

2. ZPRACOVÁNÍ DAT

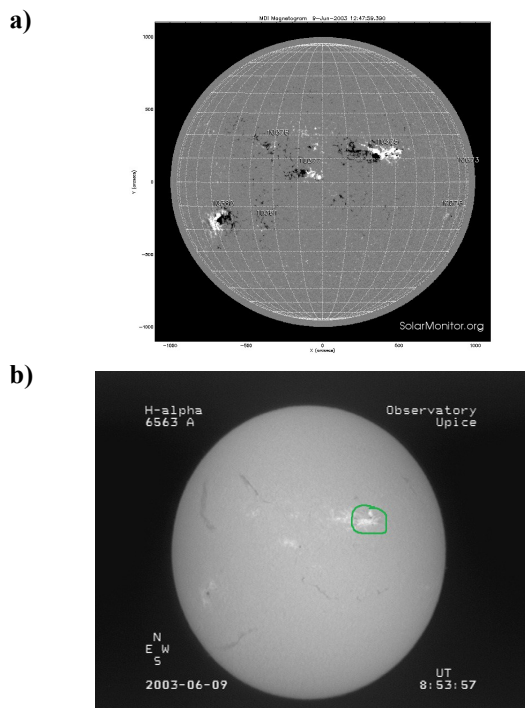
Zpracování dat bylo provedeno v programu SAOImage DS9. Na jednotlivých snímcích a to jak v čáře H α tak CaII K byla vybrána těsná kruhová oblast kolem erupce. V této oblasti byla sečtena intenzita S_f všech pixelů, které se v daném kruhu nacházely. Ve stejné vzdálenosti od centra Slunce byla v blízkosti erupce kruhem vyznačena oblast, kde se již žádné projevy sluneční aktivity nevyskytovaly. V ní byla opět sečtena intenzita všech pixelů S_q . Z takto získaných údajů byla určena normovaná intenzita erupce $I_n = (S_f - S_q)/S_q$. Tímto způsobem bylo postupováno v případě erupcí na disku i na limbu (obr. 1 a, b).



Obr. č. 1 Ukázka zpracování dat pomocí programu SAOImage DS9 a) na disku b) na limbu

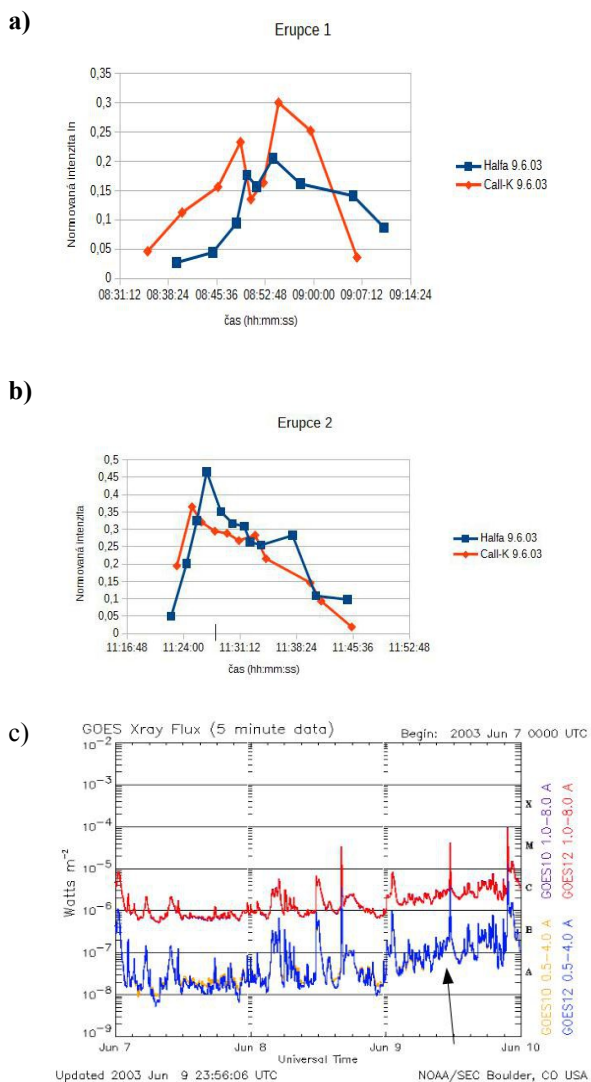
3. VÝSLEDKY

Erupce 9. 6. 2003



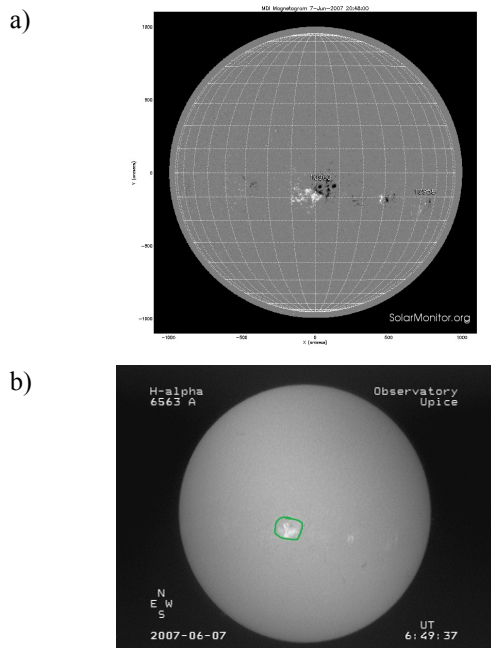
Obr. č. 2 a) Magnetogram Slunce z 9. 6. 2003; b) Snímek Slunce v čáře H α z 9. 6. 2003 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž se nachází studované erupce, je ohraničená zeleně.

V aktivní oblasti NOAA 10375 byly sledovány dvě erupce. První probíhala od 8:40 do 9:10 UT, přičemž jak v čáře H α tak v čáře CaII K byla zaznamenána dvě maxima intenzit a to v čáře CaII K v 8:49 a v 8:54 UT a v čáře H α v 8:50 UT a v 8:53 UT (viz obr. 3a). Druhá erupce typu M 4,7 probíhala mezi 11:20 až 11:45 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaznamenáno v 11:25:42 UT a v čáře H α v 11:27:00 UT (viz obr. 3b). Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 11:28 UT (viz obr. 3c).



Obr. č. 3 a) Graf normovaných intenzit erupce 1; b) graf normovaných intenzit erupce 2, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum v rentgenovém záření, jak ho zaregistrovala družice GOES; c) záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označena černou šipkou.

Erupce 7. 6. 2007



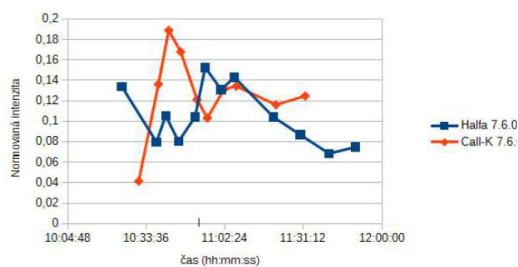
Obr. č. 4 a) Magnetogram Slunce z 7. 6. 2007; b) snímek Slunce v čáře $H\alpha$ z 7. 6. 2007 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž je studovaná erupce, je ohraničená zeleně.

Sledovaná erupce byla typu C 1,1 a nacházela se v aktivní oblasti NOAA 10960 (obr. 4). Probíhala v době od 10:20 do 11:50 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaznamenáno v 10:41:47 UT, v čáře $H\alpha$ v 10:55:10 UT (viz obr. 5a). Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 10:52 UT (obr. 5b).

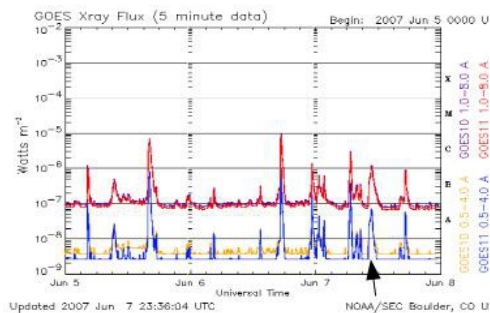
Erupce 29. 7. 2002

Tato erupce se nacházela v aktivní oblasti NOAA 10039 (obr. 6). Probíhala od 10:05 do 12:40 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaregistrováno v 10:21 UT, v čáře $H\alpha$ v 10:36 UT (obr. 7a). Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 10:20 UT (obr. 7b).

a)

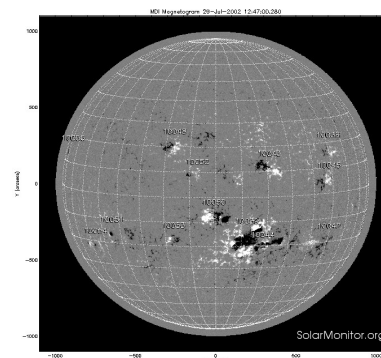


b)



Obr. č. 5 a) Graf normovaných intenzit, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum rentgenového záření, jak ho zaregistrovala družice GOES. b) Záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označená černou šipkou.

a)

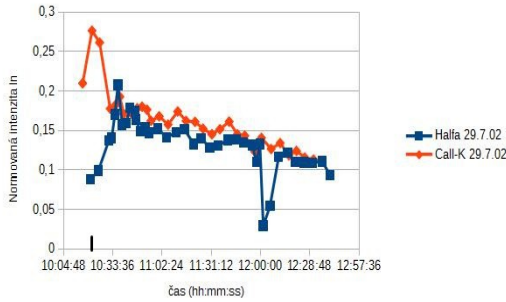


b)

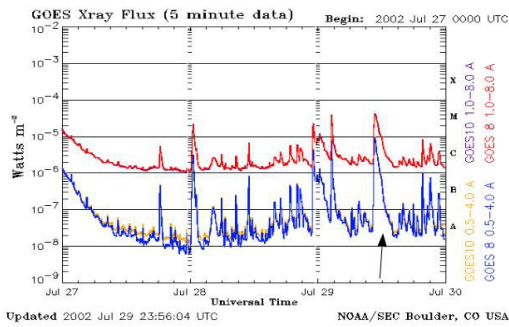


Obr. č. 6 a) Magnetogram Slunce z 29. 7. 2002; b) snímek Slunce v čáře $H\alpha$ z 29. 7. 2002. 2003 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž je studovaná erupce, je ohraničená zeleně.

a)



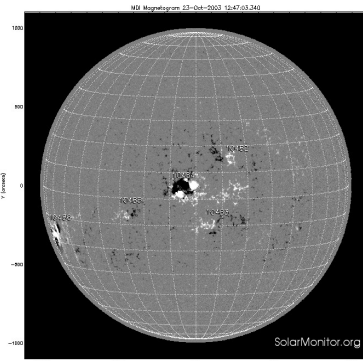
b)



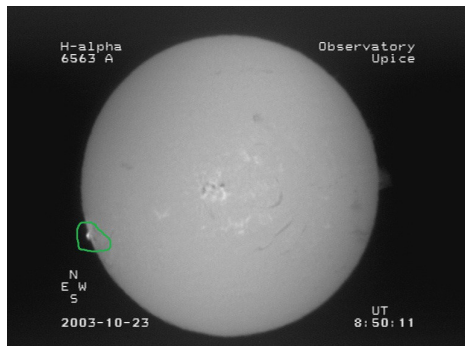
Obr. č. 7 a) Graf normovaných intenzit, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum rentgenového záření, jak ho zaregistrovala družice GOES. b) Záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označena černou šipkou.

Erupce 23. 10. 2003

a)



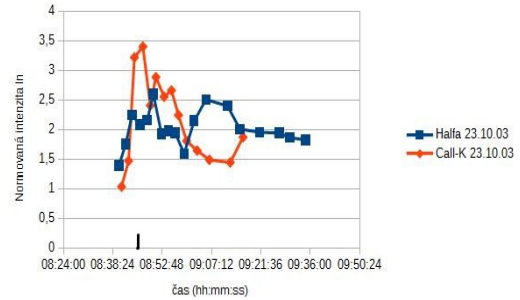
b)



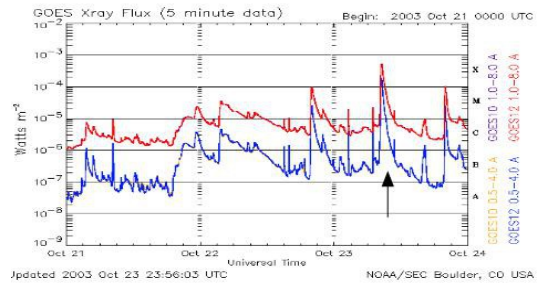
Obr. č. 8 a) Magnetogram Slunce z 23. 10. 2003; b) snímek Slunce v čáře H α z 23. 10. 2003 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž je studovaná erupce je ohraničená zeleně.

Tato erupce typu X 5,4 se nacházela na limbu v aktivní oblasti NOAA 10486 (obr. 8). Probíhala od 8:40 do 9:35 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaregistrováno v 8:47 UT, v čáře H α se vyskytla dvě maxima, první v 8:50 UT, druhé v 9:05 UT. V čáře H α bylo také v 8:59 UT zaregistrováno výrazné minimum (obr. 9a) Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 8:35 UT (obr. 9b).

a)



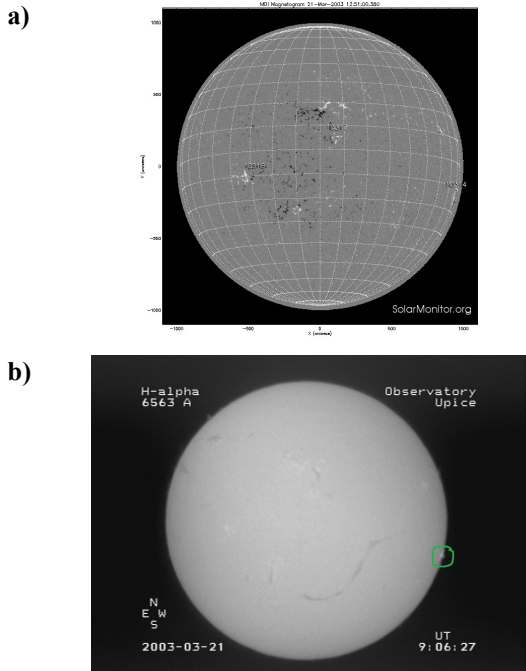
b)



Obr. č. 9 a) Graf normovaných intenzit, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum rentgenového záření, jak ho zaregistrovala družice GOES. b) Záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označena černou šipkou.

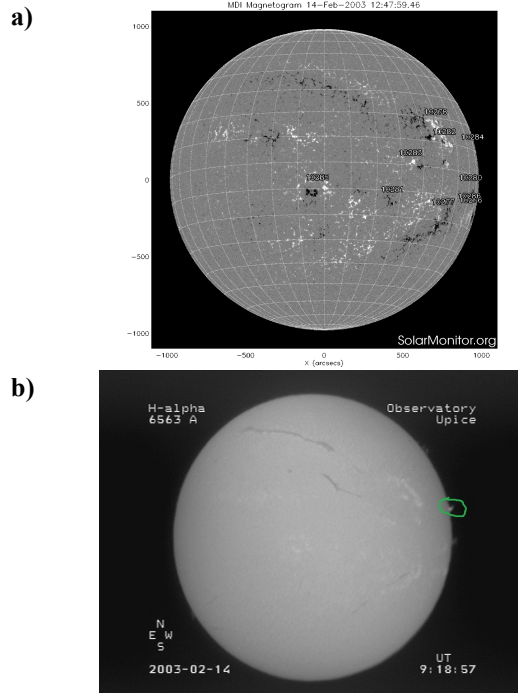
Erupce 21. 3. 2003

Erupce typu C 1.1se nacházela na limbu v aktivní oblasti NOAA 10314 (obr. 10). Byla snímána v čase 8:49 - 9:32 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaregistrováno v 9:05 UT, v čáře H α v 9:08 UT (obr. 11a). Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 9:10 UT (obr. 11b).

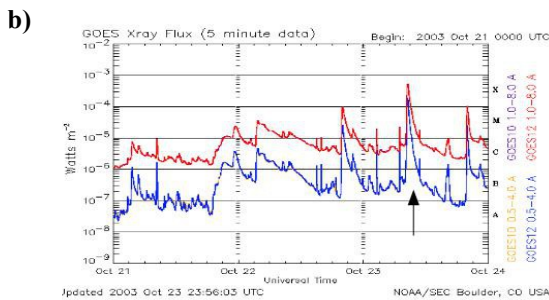
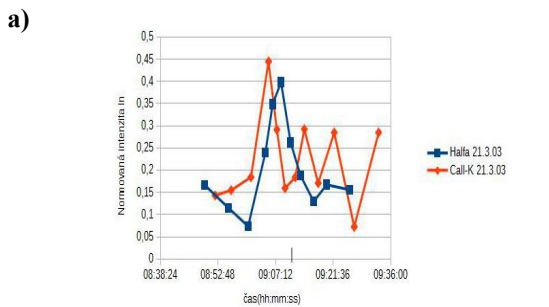


Obr. č. 10 a) Magnetogram Slunce z 21. 3. 2003; b) snímek Slunce v čáře H α z 21. 3. 2003 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž je studovaná erupce, je ohraničená zeleně.

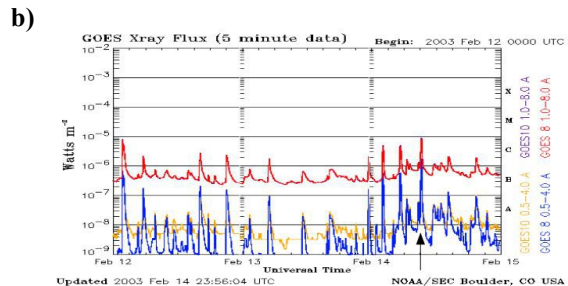
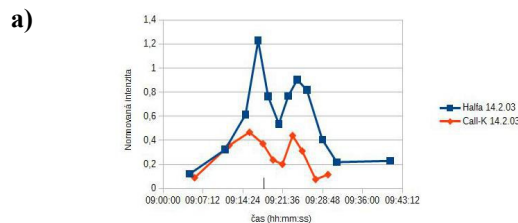
Erupce 14. 2. 2003



Obr. č. 12 a) Magnetogram Slunce z 14. 2. 2003; b) snímek Slunce v čáře H α z 14. 2. 2003 pořízený na Hvězdárně v Úpici. Aktivní oblast, v níž je studovaná erupce, je ohraničená zeleně.



Obr. č. 11 a) Graf normovaných intenzit, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum rentgenového záření, jak ho zaregistrovala družice GOES. b) Záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označena černou šipkou.



Obr. č. 13 a) Graf normovaných intenzit, čárkou na dolní ose je vyznačeno maximum rentgenového záření, jak ho zaregistrovala družice GOES. b) Záznam rentgenového záření pořízený družicí GOES. Sledovaná erupce je označena černou šipkou.

K erupci typu M 1.2 došlo na limbu v aktivní oblasti NOAA 10284. Ta se nacházela převážně za okrajem disku (obr. 12). Erupce byla snímána v čase 8:35 - 9:41 UT. Maximum intenzit v čáře CaII K bylo zaregistrováno v 9:15 UT, v čáře H α v 9:17 UT (obr.

13a). U obou čar bylo zaregistrováno i druhé maximum a to v čáře CaII K v 9:23 UT a v čáře H α v 9:24 UT. Družice GOES zaznamenala maximum v rentgenovém záření v 9:18 UT(obr. 13b).

4. DISKUZE

V tabulce jsou vyznačena maxima intenzit v rentgenovém oboru a v čarách CaII K a H α . Maximum intenzity v čáře CaII K ve všech případech nastává dříve

než maximum v čáře H α . Rozdíl mezi maximy činí 1 až 15 minut, přičemž větší rozdíly byly zjištěny u erupcí na disku. V této práci byl ale sledován malý počet případů, takže z této práce ještě není možné učinit obecný závěr. Ovlivnit výsledek mohlo i to, že pozorování v čáře H α a CaII K neprobíhalo v naprosto stejném okamžiku, ale snímání erupcí v čáře CaII K probíhalo cca o 30 až 60 vteřin po snímání erupce v čáře H α . Podnětem k další diskuzi jsou i dvě maxima intenzit v případě erupcí vyskytujících se na limbu (21.10.2003 a 14.2.2003).

datum	max X-ray	max CaII K	max H α	H α minus CaII K (min)
09.06.2003	11:28:00	11:25:42	11:27:00	1
07.06.2007	10:52:00	10:41:47	10:55:10	13
29.07.2002	10:20:00	10:21:00	10:36:00	15
23.10.2003	08:35:00	08:47:00	08:50:00	3
21.03.2003	09:10:00	09:05:00	09:08:00	3
14.02.2003	09:18:00	09:15:00	09:17:00	2

5. ZÁVĚR

Práce představuje jeden z prvních pokusů stanovit korelaci světelných křivek slunečních erupcí pro čáry H α a CaII K. Získané světelné křivky vykazují značnou míru šumu, což je způsobeno jednak daným pozorováním a také může souviset s metodou redukce dat. Nicméně korelace je patrná. Zajímavým zjištěním je, že u všech studovaných erupcí maximum čáry CaII K předchází maximum čáry H α . To je opačný efekt, než byl zjištěn u eruptivních hvězd typu dMe, kde emise CaII je zpravidla časově zpožděná za emisí Balmerových čar o minuty až desítky minut.

Poděkování

Autoři děkují Hvězdárně v Úpici za poskytnutí dat.

LITERATURA

Dyčková, Š.: *Spektroskopické studium slunečních a hvězdných erupcí; diplomová práce obhájená v r. 2013 na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně*
www.obsupice.cz
www.solarmonitor.org