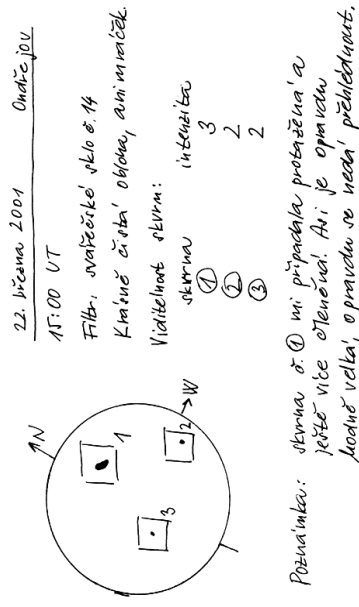
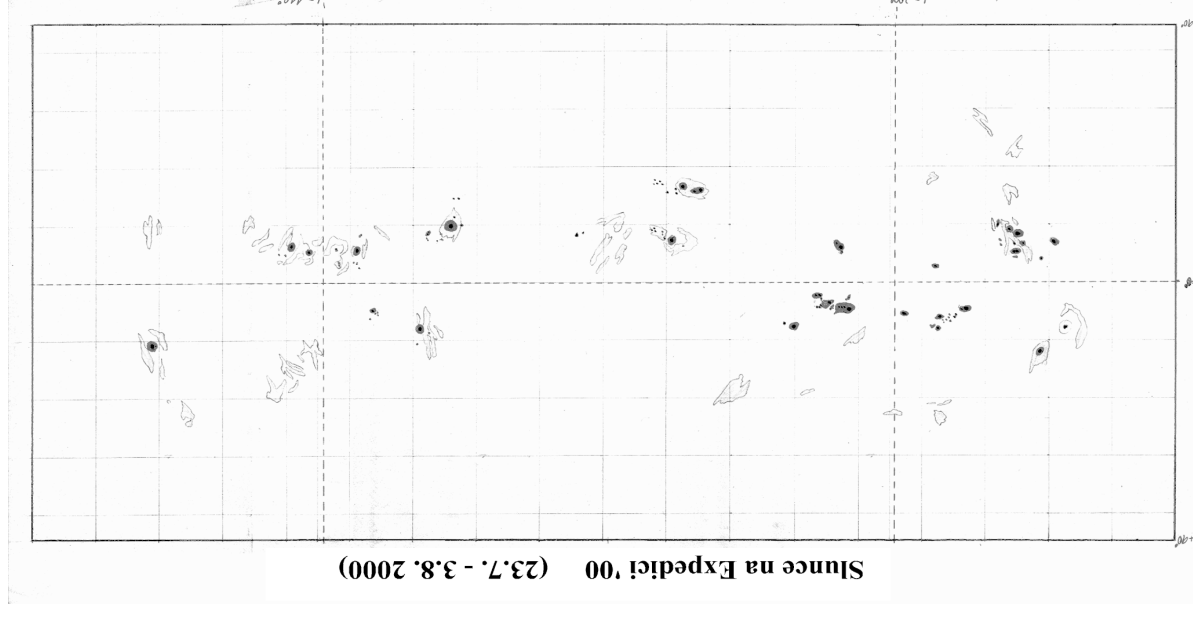


- **místo**, odkud bylo pozorování prováděno (ideálně zeměpisné souřadnice)
  - **datum a čas (UT)** pozorování
  - **typ filtru**, přes který bylo pozorování prováděno
  - poznámku o **pozorovacích podmínkách**: hodnotíme je slovně (např. „silný zákal při obzoru, občas přechází cirrovitá oblačnost“; podstatný je především co nejpřesnější popis oblačnosti a jejího rušivého vlivu) <sup>1</sup>
  - **intenzitu viditelnosti** jednotlivých skvrn
- Škála intenzity viditelnosti je třístupňová a nabývá následujících hodnot:
1. skvrna na hranici viditelnosti pouhým okem
  2. skvrna je vidět bez potíží
  3. skvrna je viditelná velmi zřetelně (říkáme, že „bije do očí“).
- Příklad protokolu (fiktivního) viz obrázek.



<sup>1</sup> Někdy se při pozorování používá šestistupňová škála pozorovacích podmínek. Její použití není bezpodmínečně nutné.  
Stupnice pozorovacích podmínek:

1. jasno i při obzoru
2. jasno a při obzoru zákal
3. slabá oblačnost
4. Slunce pozorováno přes mraky
5. velká oblačnost
6. Slunce nelze pozorovat



Synoptická mapa vytvořená z pozorování na Expedici 2000 na hvězdárně v Úpici. Autor Michal Švanda

ujímal obraz Slunce tuto polohu. Pokud zjistíme odchylku, ihned ji napravíme jemnými pohyby dalekohledem.

5. Začneme zakreslovat. Délka zákresu by neměla přesáhnout 10 minut, protože Slunce rotuje a snižovali bychom tím přesnost odečtů poloh skvrn v zákresu. Zakreslujeme ostře ořezanou tužkou tvrdosti HB. Pokud je stínítko vratké nebo chceme kresbu urychlit, zakreslujeme umbru i penumbry pouze obrysy a vyčernění doplníme dodatečně. Při zákresech je nutné dobře rozlišovat umbru a penumbry příslušným odstínem šedé barvy, případně umbru nechat černou a penumbry nakreslit jen obrysem. Fakulová pole zakreslujeme žlutou nebo červenou pastelkou a vykreslujeme jen obrysy. Abychom při kreslení vyloučili chyby papíru a zvětšili rozlišovací schopnost a ostrost obrazu, pomáháme si proužkem bílého papíru, kterým „šmrdlámé“ po kresbě a na základě toho doplníme jemnější detaily.

Ke konci kresby ještě jednou *pečlivě* projdeme celý sluneční disk a dohlédáme případně další detaily (zejména fakulová pole).

6. Předvyplníme některé kolonky pozorovacího protokolu - čas pozorování (uvedeme střed intervalu, během něhož byla kresba pořízena) v UT, pozorovací podmínky a obraz.

*Stupnice pozorovacích podmínek:*

- 1 jasno, nepatrný neklid vzduchu
- 2 obloha se slabým zákalem
- 3 znatelný neklid vzduchu
- 4 silný neklid vzduchu
- 5 velmi silný neklid vzduchu, ruší oblačnost

*Stupnice obrazu:*

- 1 viditelné jsou pouze větší skvrny, granule není pozorovatelná
- 2 viditelné jsou též menší skvrny, granule patrná jen chvillemi
- 3 jsou viditelné drobné skvrny, granule je viditelná
- 4 dobře pozorovatelná granule i póry
- 5 všechny detaily jsou velmi dobře viditelné

7. Vlastní kresba je hotova a můžeme ji začít zpracovávat.

*h totéž jako s, ale skvrna je větší než 2,5°*

Rozložení skvrn ve skupině:

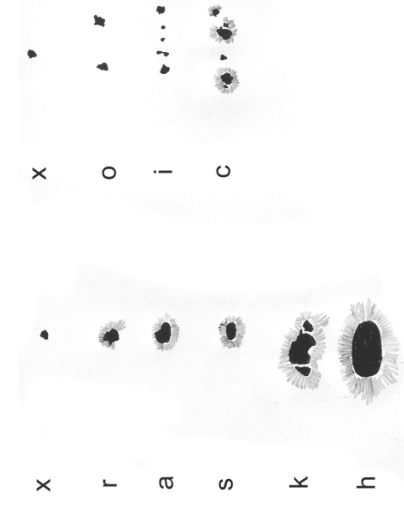
x samostatná skvrna

o plošné rozložení skvrn, oblast mezi vedoucím a chvostovým koncem skupiny je bez skvrn, takže se skupina dá zřetelně a bez problémů rozdělit do dvou oblastí s opačnou magnetickou polaritou

i střední rozložení skvrn, mezi vedoucím a chvostovým koncem leží několik skvrn bez penumbry

c kompaktní rozložení skvrn, mezi vedoucím a chvostovým koncem leží mnoho velkých i malých skvrn, ze kterých má alespoň jedna penumbry; extrémem této skupiny je oblast, ve které jsou všechny skvrny uložené v jedné penumbrální oblasti

Při klasifikaci by mohl pomoci následující obrázek:



## 6 Zpracování kresby

Spočítáme heliografické souřadnice skvrn. Pro každou skvrnu postupujeme takto:

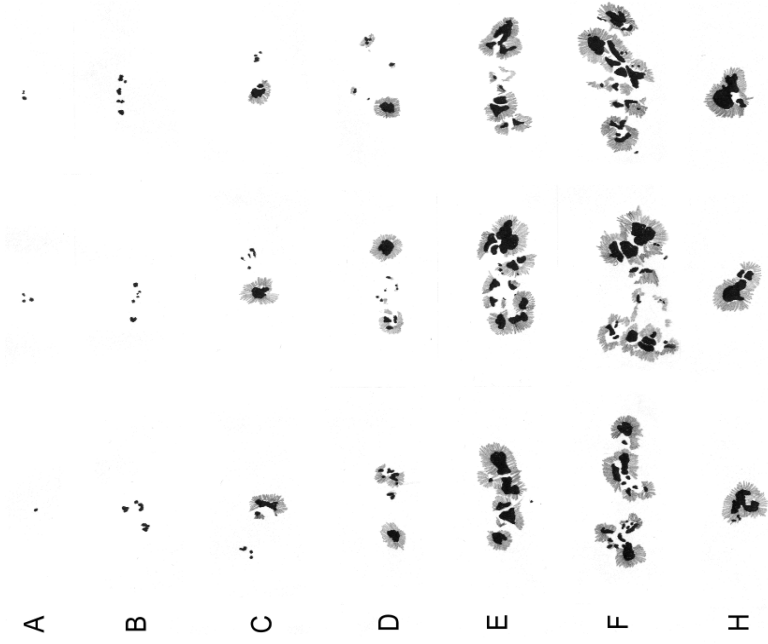
1. odměříme její poziční úhel  $Q$  měřený od severu přes východ v intervalu  $< 0^\circ, 360^\circ$ ) a vzdálenost těžiště skvrny od centra disku  $vz$  (v milimetrech) (jak odečíst tyto údaje lze pochopit z obrázku zákresu)
2. vypočteme veličinu  $\rho$  danou vztahem:

$$\rho = \arcsin \frac{vz}{R}, \quad (3)$$

kde  $R$  je poloměr zákresu v milimetrech

H Unipolární skupina s penumbrou; jestliže obsahuje další skvrny, nenacházejí se dále než  $3^\circ$  od penumbry hlavní skupiny.

Při klasifikaci by mohl napomoci následující obrázek:



Někdy se ještě klasifikuje největší skvrna ve skupině a rozložení skvrn ve skupině, tyto údaje se vepisují malými písmeny vedle typu skupiny.

Největší skvrna ve skupině:

x žádná penumbra, šířka polostínové oblasti musí přesahovat alespoň tři úhlové vteřiny, aby mohla být klasifikována jako penumbra

r penumbra je nerozvinutá, na obrysu obvykle neúplná a nepravidelná

a asymetrická rozvinutá penumbra, v některých částech nemusí mít jasné hranice, celková velikost skvrny nepřesahuje  $2,5^\circ$  v heliocentrických souřadnicích

s symetrická penumbra vyskytující se všude kolem umbr, skvrna má celkovou velikost nepřesahující  $2,5^\circ$  v heliocentrických souřadnicích

k totéž jako a, ale skvrna je větší než  $2,5^\circ$

## 5 Předpracování fotosférické kresby

Předpracování spočívá ve vyplnění většiny kolonek předtištěného pozorovacího formuláře. Vyplňujeme:

- **místo** pozorování, tedy název nebo souřadnice pozorovací stanice
- jméno a příjmení **pozorovatele**
- číslo **rotace**, které najdeme v tabulkách (např. v Hvězdářské ročence v oddílu *Slunce*)
- $L_0$  heliografickou délku centrálního meridiánu v čase pozorování
- $B_0$  heliografickou šířku středu disku v pozorovacím čase
- $P$  poziční úhel rotační osy Slunce

Hodnoty všech tří veličin najdeme například v *Hvězdářské ročence v oddílu Slunce*, zde jsou však pro půlnoc světového času, tudíž na čas pozorování musíme tyto hodnoty interpolovat; interpolovanou hodnotu zaokrouhlíme na jedno desetinné místo. Hledanou hodnotu  $H$  pro čas  $t$  vypočítáme interpolací mezi tabelovanou hodnotu  $H_1$  předchozí a  $H_2$  následující ( $H_1$  a  $H_2$  jsou v čase vzdáleny o  $T$ ) podle vzorečku:

$$H = H_1 + \frac{t}{T} (H_2 - H_1)$$

Bližšímu pochopení snad pomůže následující příklad:

Pozorovali jsme Slunce například 7. července 2000 a pozorovací čas uvedený v protokolu je 9:15 UT.

V *Hvězdářské ročence* najdeme hodnoty  $L_0$ ,  $B_0$  a  $P$  pro minulou a následující půlnoc. Najdeme tedy:

Datum	$L_0$	$B_0$	$P$
7. července 2000	46.7	3.6	0.2
8. července 2000	33.4	3.7	0.6

Výpočet například pro heliografickou délku centrálního meridiánu provedeme následovně:

$$L_0 = 46.7 + \frac{09 : 15}{24 : 00} (33.4 - 46.7) = 46.7 + \frac{9.25}{24} (33.4 - 46.7) = 41.6$$

Podobně pro heliografickou šířku středu slunečního disku a poziční úhel:

$$B_0 = 3.6 + \frac{09 : 15}{24 : 00} (3.7 - 3.6) = 3.6 + \frac{9.25}{24} (3.7 - 3.6) = 3.6$$

$$P = 0.2 + \frac{09 : 15}{24} (0.6 - 0.2) = 0.2 + \frac{9.25}{24} (0.6 - 0.2) = 0.4$$

Pro názornost kresby je zajímavá též volba polohy počátku soustavy souřadnic. Chceme-li znázornit časovou posloupnost objevování jednotlivých skvrn, bude zřejmě výhodnější, aby skvrny z první kresby byly nejvíce vlevo, zatímco skvrny pozorované naposledy byly nejvíce vpravo. Toho dosáhneme jednoduchým trikem – osa  $x$  nebude začínat hodnotou  $0^\circ$  nebo  $360^\circ$ , jak jsme si již řekli, ale např. hodnotou heliografické délky nejzápadnější skvrny z prvního zákresu (pro osu sestupnou) nebo hodnotou heliografické délky nejvýhodnější skvrny z prvního zákresu (pro osu vstupnou).

Jestliže jsme poctivě zakreslovali den co den a máme před kreslením mapy k dispozici sérii zákresů, zcela jistě máme jednu skvrnu zakreslenou několikrát. Je třeba vybrat jediný zákres a ten zaneš do mapy. K tomu lze použít různá kritéria, obecně však lze doporučit:

1. zákres, kdy je skvrna nejbliže cetrálnímu meridiánu, neboť právě zde bude zakreslení tvaru nejmenší a polohu odměříme s nejmenší chybou.
2. zákres, na němž je skupina skvrn nejvyvinutější.

A to jsou v podstatě všechny potřebné přípravy. Vezmeme si k ruce papír s vhodné zvolenou souřadnicovou sítí, „seškrtný“ seznam skvrn určených k zákresu a příslušné kresby.

Do souřadnicové sítě vyneseme polohu skvrny (dle seznamu) a dle zákresu domalujeme její tvar. *Nezapomínejte, že Slunce je koule* a zákres je vlastně jen projekcí koule do roviny. Při zakreslování tvarů je třeba vzít v úvahu zkreslení způsobené právě projekcí (což v důsledku znamená, že skvrny poblíž kraje zákresu mají mnohem větší rozměr v heliografické délce, než se zdá).

Závěrečným bombónkem je dokreslení fakulových polí, která však nejsou v synoptické mapě položkou povinnou, spíše jen elementem dotvářejícím celkový přehled jevů ve fotosféře. Při zakreslování fakulových polí postupujeme podobně jako při zakreslování skvrn.

Nejprve vypočítáme heliografické souřadnice význačných bodů jednotlivých fakulí (např. vrcholy a pod.) podle vzorců (3), (4) a (5) a zaneseme je do mapy. Mezi tyto význačné body dokreslíme tvar každé fakule.

A jsme hotovi. S dostatečnou trpělivostí a pečlivostí se lze bez větších komplikací dostat až k velmi efektně vypadajícímu výsledku.

*Pamatujte*, že i negativní pozorování má svoji cenu. Sledování skvrn pouhým okem má význam spíše statistický z důvodu navázání dlouhé série pozorování. Proto pokud se každý den podíváte na tvář Slunce a provedete záznam o tom, zda vidíte nebo nevidíte skvrny, po několika desetiletích sami můžete odhalit cykličnost proměn Slunce.

## 3 Teleskopické pozorování

Teleskopické pozorování provádíme obvykle dalekohledem. Ani majitelé triedrů rozhodně nepřijdou zkrátka a mohou pozorovat Slunce níže popsaným způsobem.

Vlastníme-li dalekohled, máme na výběr vícero metod, jak zachytit útvary sluneční fotosféry na papír. Buď využijeme stejného způsobu, jakým se používá ostatní astronomická pozorování, a to je **přímý pohled**, nebo v případě Slunce máme vyjimečnou možnost použít nejbezpečnější metodu jeho zakreslování, a to **projekci**.

### 3.1 Přímé pozorování

Při tomto pozorování řešíme stejný problém jako v případě sledování pouhým okem – a to, jak vhodně zeslabit svět slunečního kotouče. Tentokrát nám však nestačí pouhá mlha nebo zákal, musíme bezpodmínečně použít kvalitní dostatečně zeslabující filtr, který je nutné zařadit před objektiv dalekohledu. Dodatečně zeslabování okulárovým filtrem se nedá doporučit, protože je zde koncentrováno sebrané tepelné záření a filtr může prasknout nebo se praskotit. S výhodou se dá použít například helioskopický okulár, který celkem bezpečně odrazí valnou část slunečního záření do jiného směru, než leží oko pozorovatele.

Při přímém pozorování typicky počítáme počet skvrn a počet skupin skvrn nebo počet fakulových polí, nehodí se však k zakreslu a určování poloh jednotlivých skvrn z důvodu značných nepřesností. Bez problémů lze ale přímý pohled použít k „dolaďování“ detailů, které při projekci neuvidíme nebo nepostřehneme.

### 3.2 Projekce

Projekce je nejjednodušší a zároveň nejbezpečnější způsob, jak zakreslovat fotosféru Slunce. Obraz Slunce se pomocí dalekohledu promítá na stínítko, na kterém můžeme zcela pohodlně a relativně přesně postihovat kresbou fotosférické útvary. Přitom tato metoda nevyžaduje žádné speciální náčiní

dějově, Hvězdárna Valašské Meziříčí nebo Hvězdárna Petřín. Více se můžete dozvědět také na internetu na stránkách *Solar Influences Data analysis Center* v Bruselu.

## 9.1 Adresář

Sluneční patrola Astronomického ústavu AV ČR

[sunwatch@asu.cas.cz](mailto:sunwatch@asu.cas.cz)

Hvězdárna ve Valašském Meziříčí

[libor.lenza@vm.inext.cz](mailto:libor.lenza@vm.inext.cz)

[mhromadova@vm.inext.cz](mailto:mhromadova@vm.inext.cz)

Hvězdárna hlavního města Prahy

[hvezdarna@observatory.cz](mailto:hvezdarna@observatory.cz)

Solar Influences Data analysis Center

<http://sidc.oma.be/index.php3>

## 10 Zdroje a poděkování

K sestavení tohoto návodu přispělo několik zdrojů: jednak *Odhalená tajemství Slunce* od R. Kippenhahna, pak internetové stránky *Sluneční sekce Petřínské hvězdárny*, jeden díl seriálu *IAN V ohnisku*, věnující se právě pozorování sluneční fotosféry, a osobní konzultace s pozorovateli patroly slunečního oddělení Astronomického ústavu AV ČR *Františkem Zlochem* a *Tomášem Vaňkem*. Za pečlivé přečtení a opravení pravopisných a stylistických chyb patří upřímný dík *Janě Adamcové*.

Laikovi by se mohlo zdát, že v dnešní době pozorovat Slunce už nemá prakticky cenu. Vždyť se na něj díváme od nepaměti, nezkušené oko si nevšimne, že by se Slunce nějak měnilo s časem. Tu a tam ale nastane úplné zatmění Slunce a tam se již názor i nezkušeného a odborně nevzdělaného laika trochu změní. Při pohledu na snímky zatmění, připadne na jeho kresby si všimne, že je pokaždé jiné. Zvídavou osíblku napadne, proč by mělo být Slunce jiné jen při každém zatmění, co když se mění nějak ze dne na den? A začne naši nejbližší hvězdu studovat podrobněji.

Nejdříve k průzkumu použije to jediné, co s sebou má vždy, a to neozbrojené oko; zejména při vhodných příležitostech, kdy disk Slunce tolik neobsluhuje, jako například při západu, při východu, v mlze nebo za homogenními mraky. Pak si vezme na pomoc triedr a začne žhavou hvězdu promítat na papír, nebo se na ni dívat přímo. Ale v touze vidět více a více si koupí větší dalekohled, začne podrobnosti na povrchu zakreslovat na papír, zpracovávat, vytvářet synoptické mapy... To i dnes dělají profesionální astronomové a princip se po staletí neměnil. Hlavně proto, aby se co nejdříve natáhla pozorovací řada srovnatelnými prostředky, což je důležité z hlediska posuzování dlouhodobých změn aktivity.

Podívejme se na jednotlivé způsoby, jakými může astronom-amatér pozorovat Slunce a co vlastně může na povrchu Slunce spatřit. Hned na úvod ale jedno **důrazné varování**:

**Nikdy a za žádných okolností se nedívejte nechráněným dalekohledem přímo na sluneční disk! K trvalému poškození nebo ztrátě zraku stačí sebekratší pohled na zářící kotouč!**

## 1 Fotosférické útvary

Fotosféra je jediná slupka atmosféry Slunce, kterou lze pozorovat bez problémů a bez zvláštních přístrojů v bílém světle. Přestože je fotosféra silná přibližně 700 km, což je v porovnání s poloměrem Slunce (kolem 700 000 km) zanedbatelná polozka, přichází k nám z ní převážná většina viditelného světla. S pomocí zvláštních úzkopásmových filtrů lze pozorovat sluneční chromosféru a použitím speciálního přístroje - koronografu, lze každý den provádět pozorování koróny, která je jinak běžnému pozorovateli přezářena fotosférou a možnost jejího spatření pouhým okem nastává pouze při úplném slunečním zatmění.