



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ

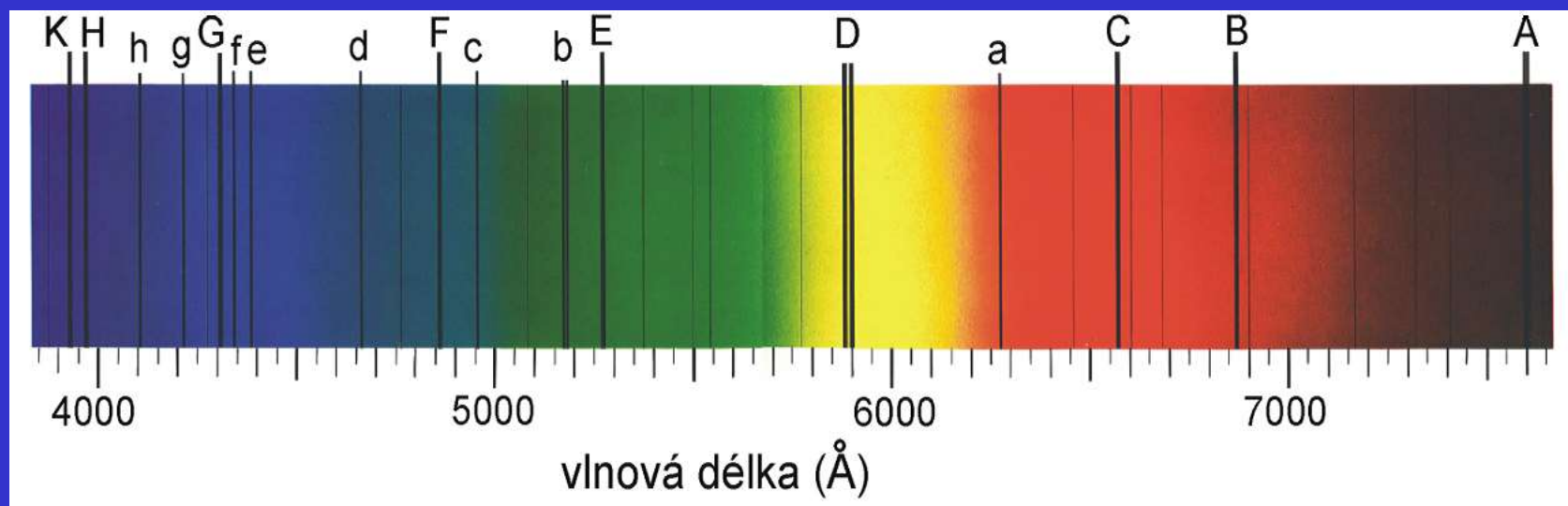


FOND MIKROPROJEKTŮ

Fotoelektrická měření magnetických a rychlostních polí

Miroslav Klvaňa,
Astronomický ústav Akademie věd, observatoř Ondřejov

Zdroj našich informací



Podle místa vzniku poskytují spektrální čáry informace o fyzikálních podmínkách v různých výškách sluneční atmosféry

Co měří sluneční magnetograf ?

- Intenzita záření ve středu spektrální čáry
- Intenzita záření v křídlech spektrální čáry
- Intenzita záření v kontinuu spektra
- Podélná složka magnetického pole
- Příčná složka magnetického pole
- Doplerovské rychlostní pole

Jak měří sluneční magnetograf ?

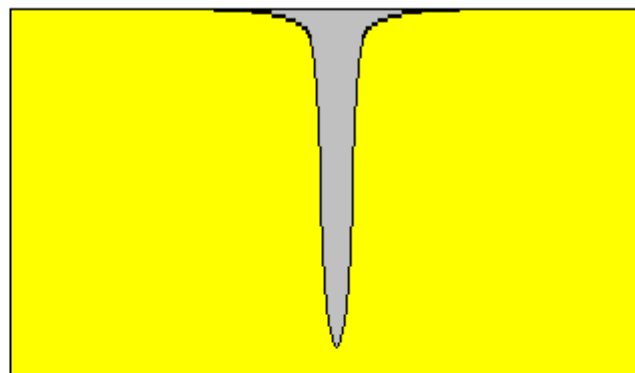
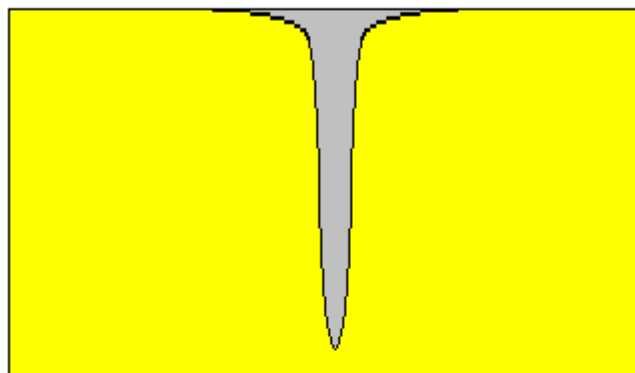
- Filtrogramy přes proladitelné filtry
 - celá oblast najednou
 - postupné prolad'ování profilu spektra
- Spektrální čáry
 - skanující magnetograf
 - modulace intenzity polarizace sp.čáry

Princip měření magnetického pole

Rozštěp spektrální čáry v magnetickém poli podle Zeemanova efektu

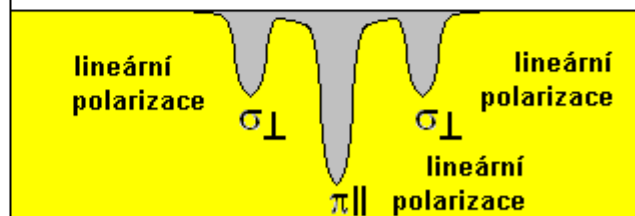
nerozštěpená spektrální čára

nerozštěpená spektrální čára



rozštěp v **podélném** magnetickém poli

rozštěp v **příčném** magnetickém poli

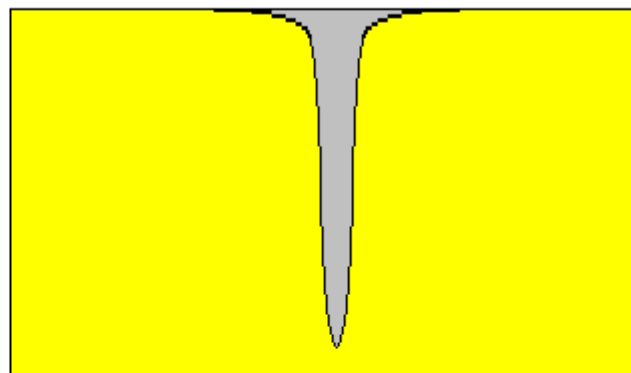
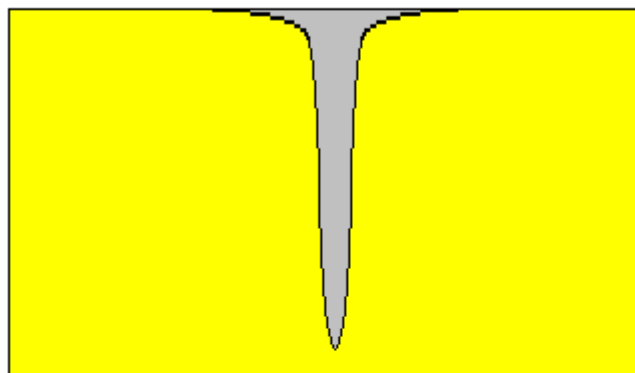


Princip měření magnetického pole

Rozštěp spektrální čáry v magnetickém poli podle Zeemanova efektu

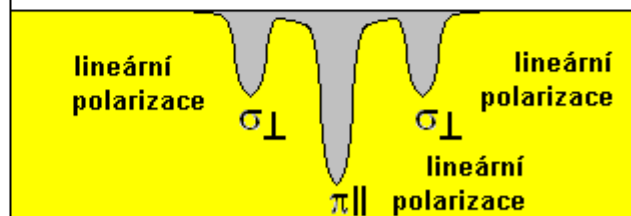
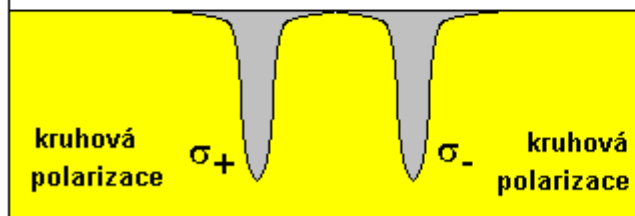
nerozštěpená spektrální čára

nerozštěpená spektrální čára



rozštěp v **podélném** magnetickém poli

rozštěp v **příčném** magnetickém poli



Vzdálenost obou σ komponent je zde úměrná velikosti podélné složky vektoru magnet. pole

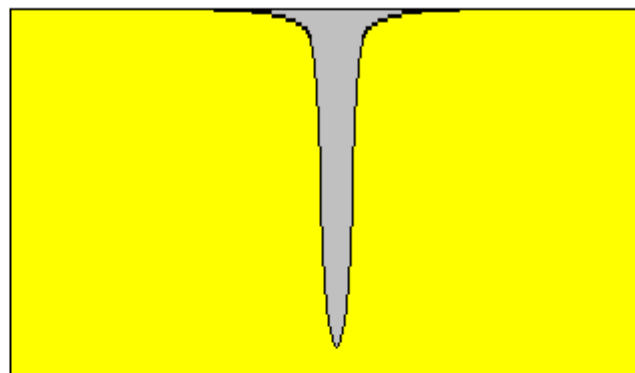
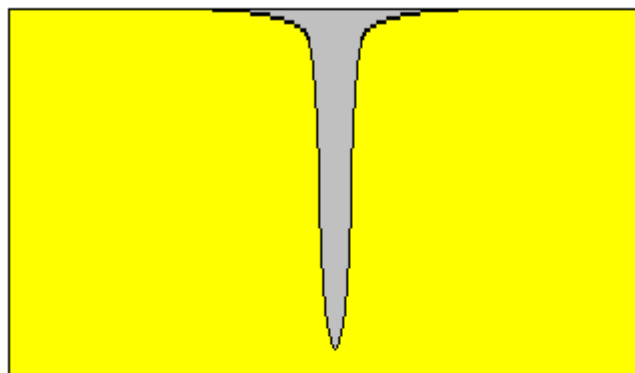
Vzdálenost obou σ komponent je zde úměrná velikosti příčné složky vektoru magnet. pole

Princip měření magnetického pole

Rozštěp spektrální čáry v magnetickém poli podle Zeemanova efektu

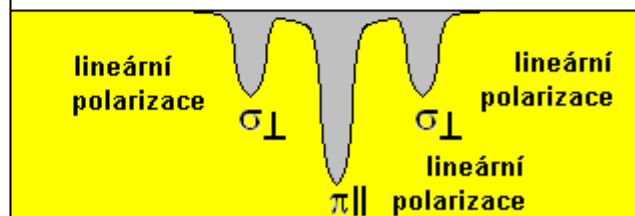
nerozštěpená spektrální čára

nerozštěpená spektrální čára



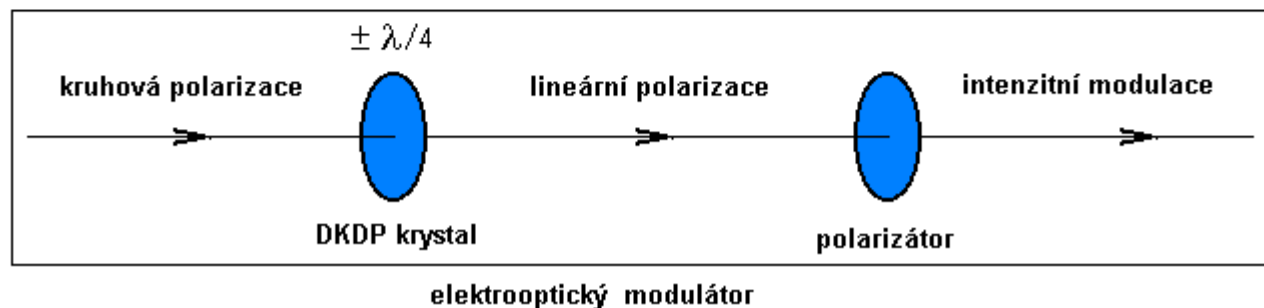
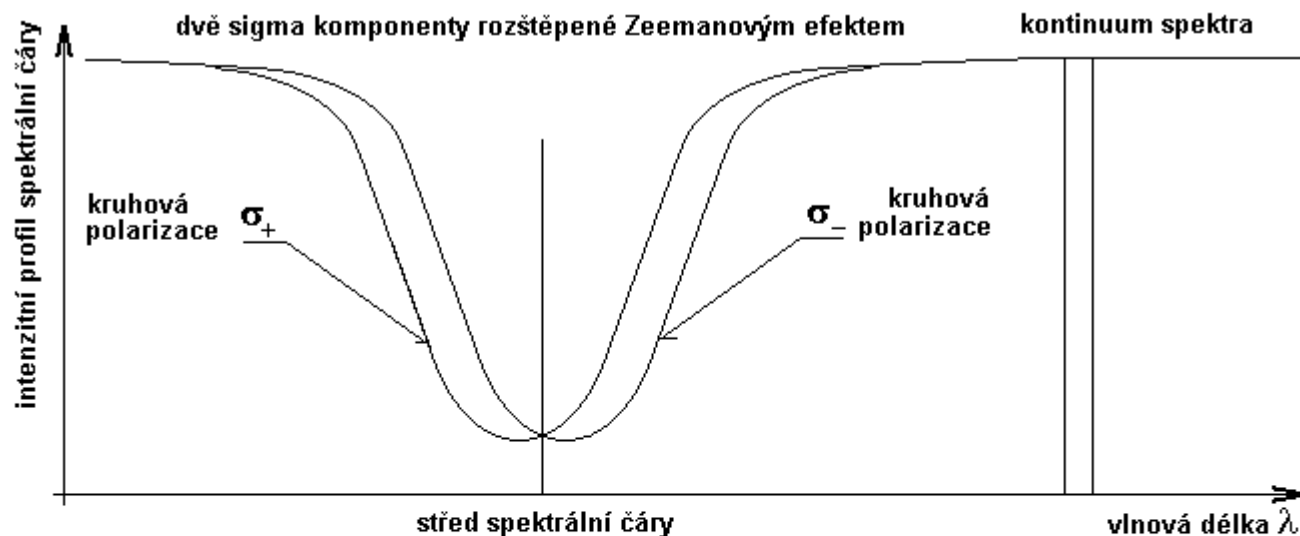
rozštěp v **podélném** magnetickém poli

rozštěp v **příčném** magnetickém poli

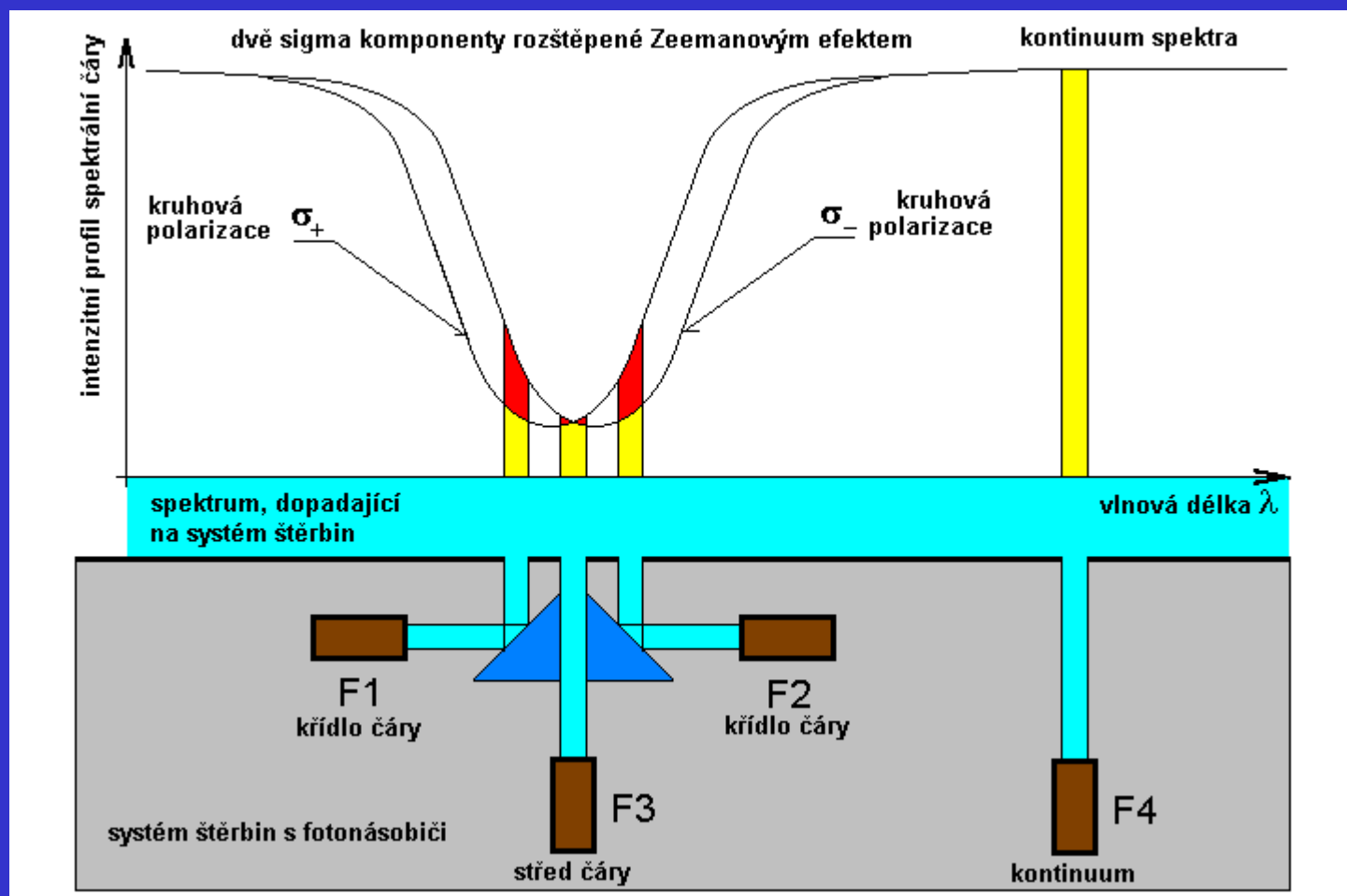


Libovolný směr magnetického pole způsobí **eliptickou polarizaci** spektrální čáry, danou součtem polarizací, generovaných podélnou a příčnou komponentou daného vektoru magnetického pole.

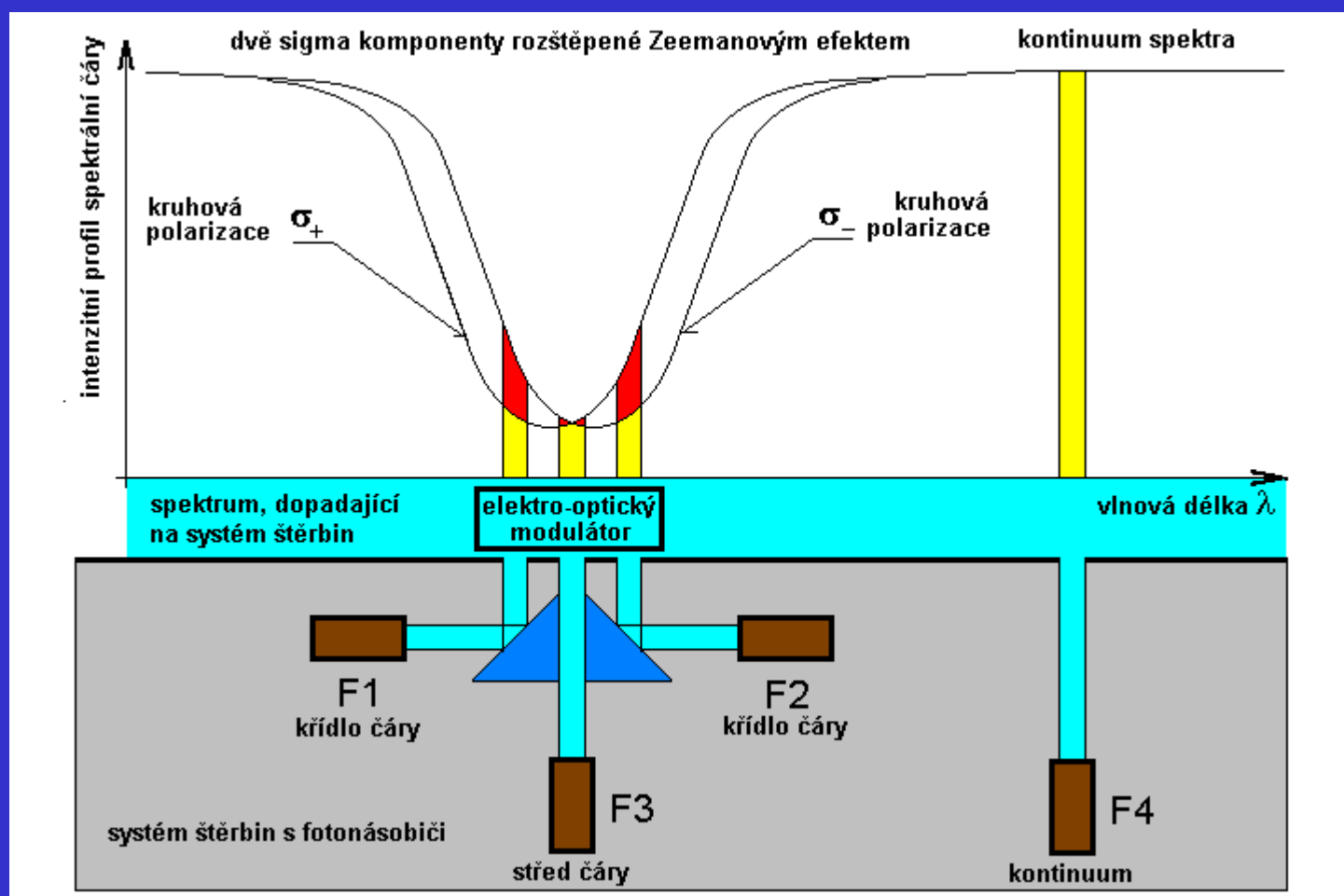
Princip polarizačních měření



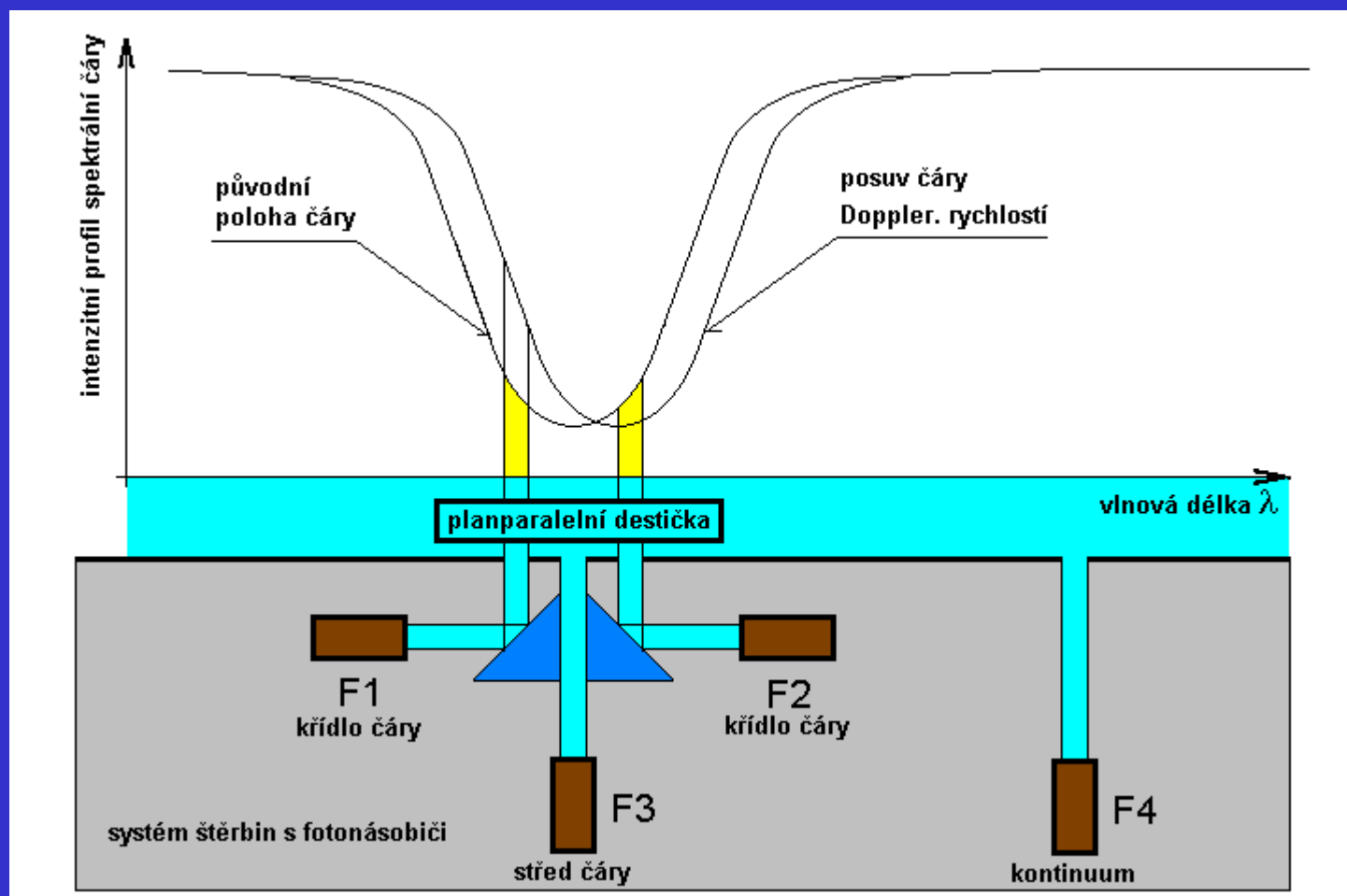
Optický měřicí systém



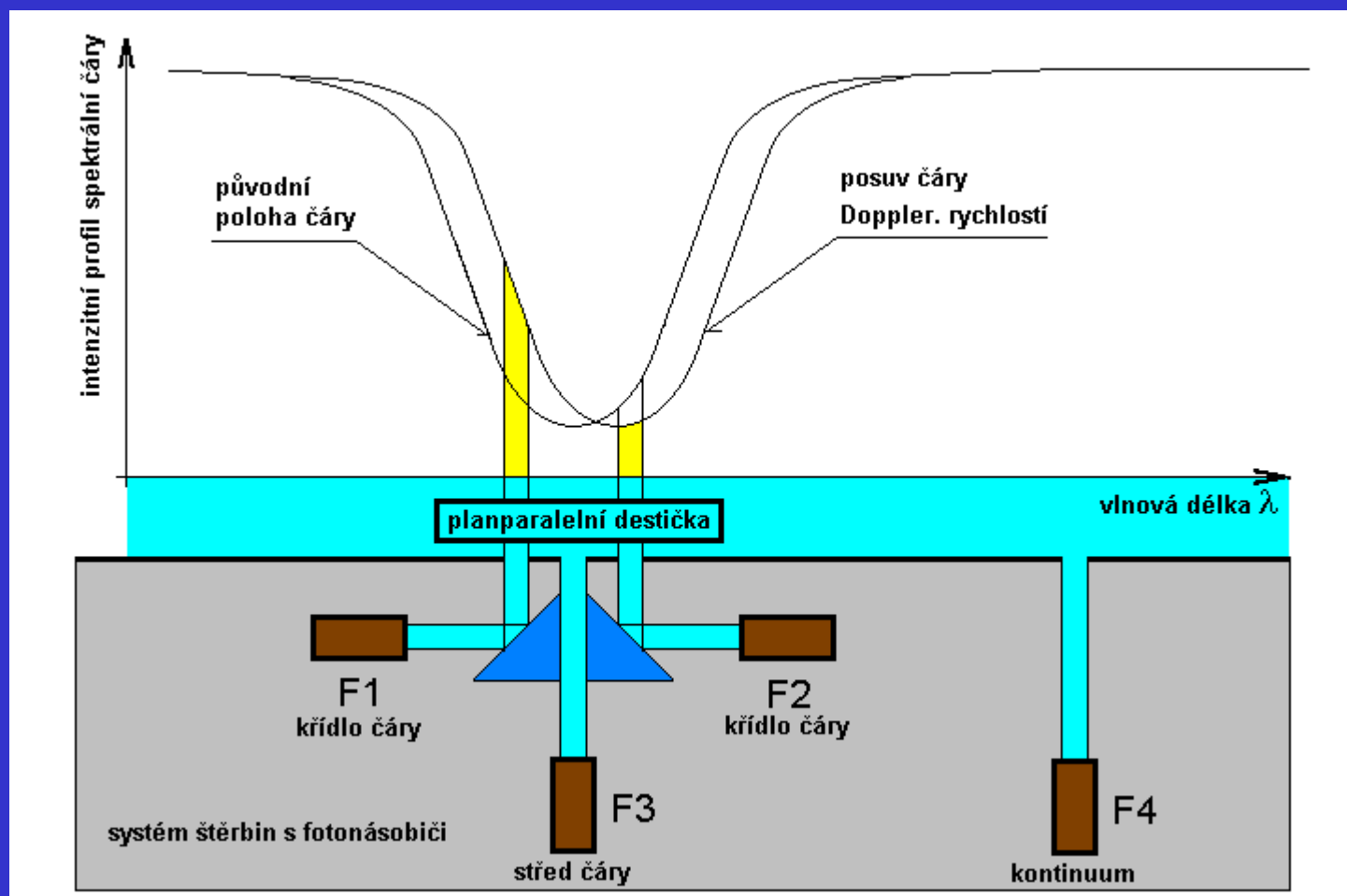
Měření polarizace v magnetografu



Princip měření rychlostního pole



Princip měření rychlostního pole

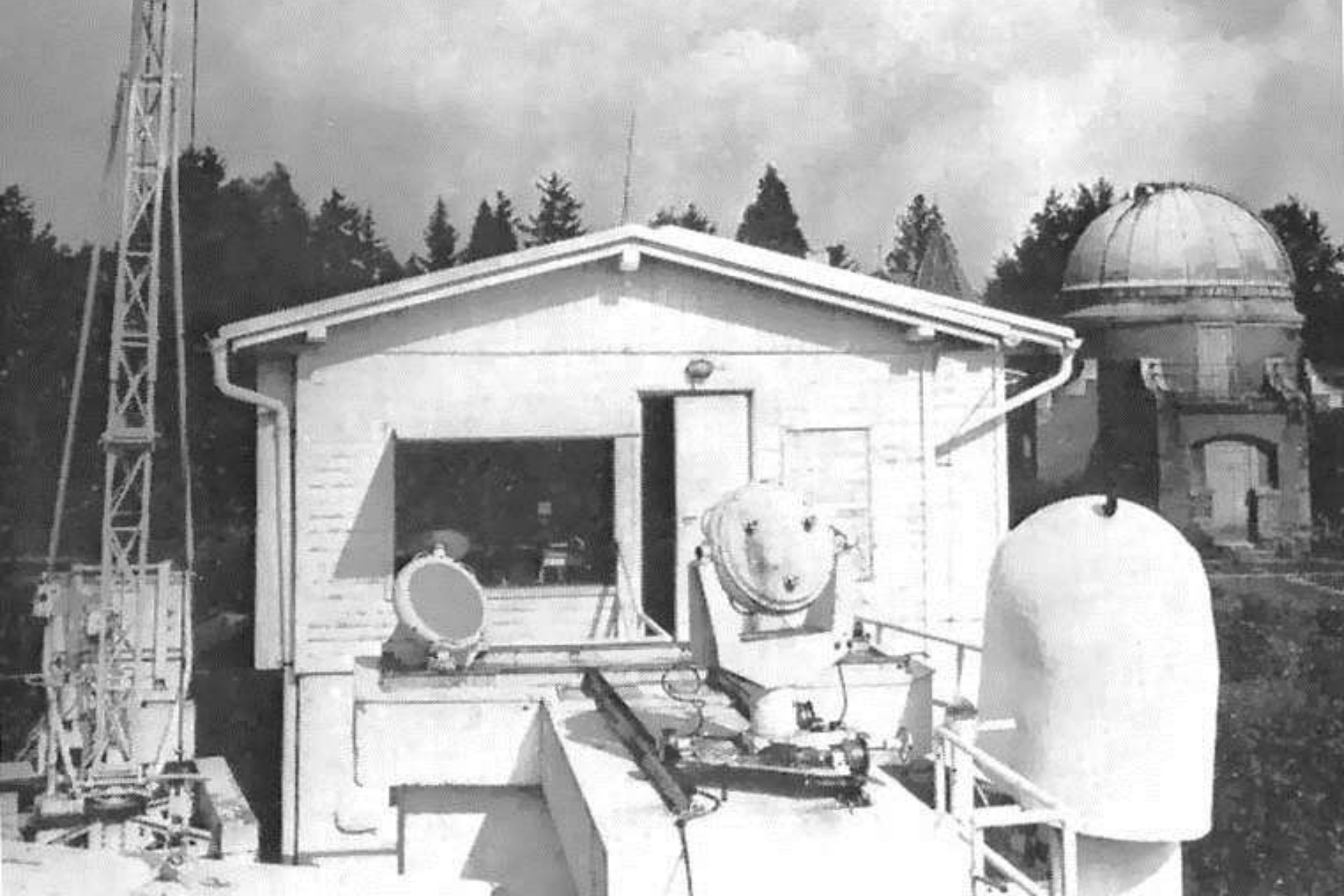


Magnetografická měření ondřejovské observatoře

1972 - 2005

Trochu z naší historie

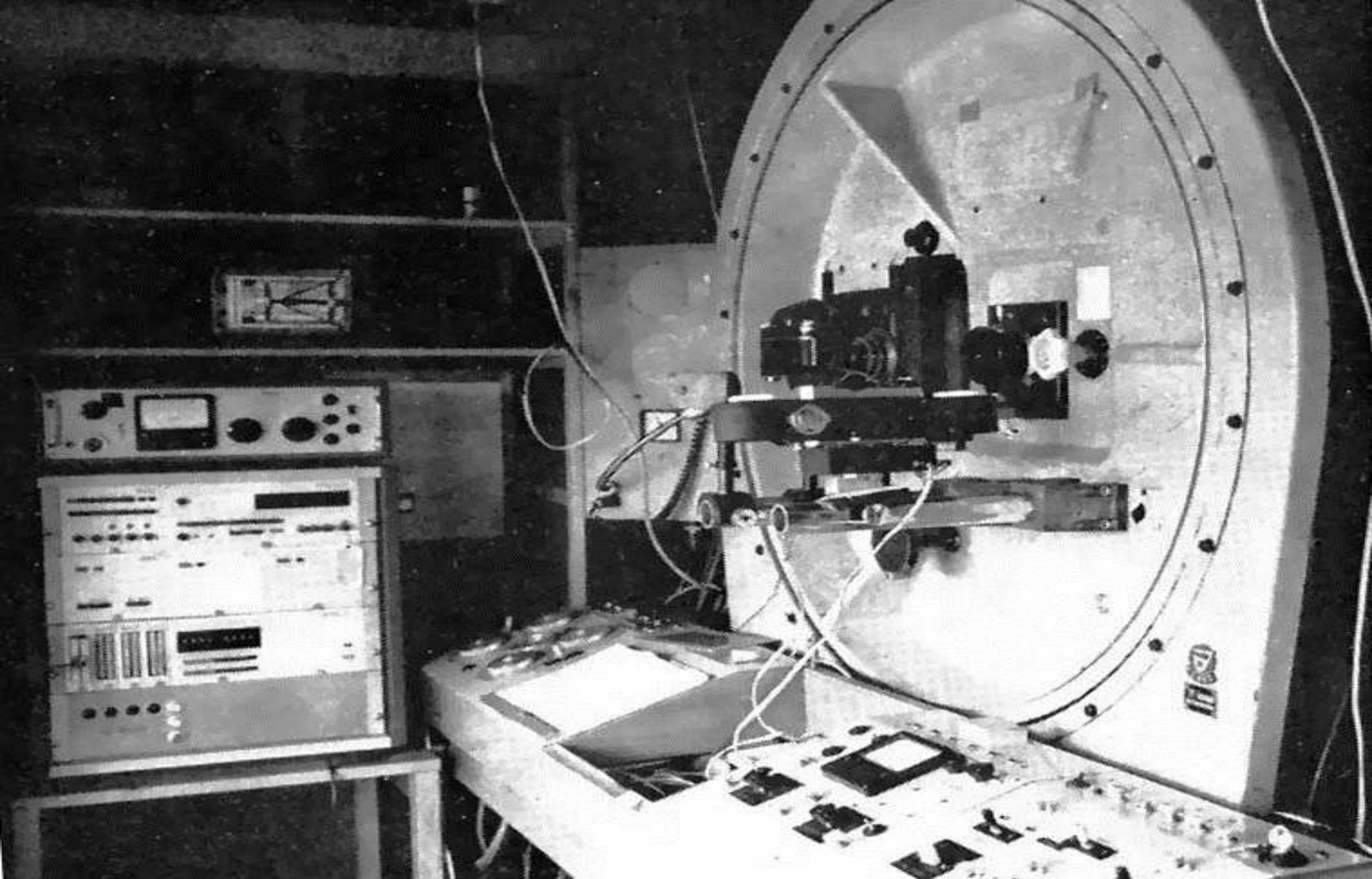
- 1952 První magnetograf, zkonstruovaný
H.W a H. D. Bebbcocky (Mt.Wilson)
- 1972 - 1983 Magnetograf I (Irkutsk)
- 1973 - 1983 Spektroheliograf (fotogr. Desky)
- 1982 - 1989 Období boje s výpočetní technikou
- 1990 - 2001 Magnetograf II (Potsdam)
- 2001 - 2005 Rekonstrukce HSFA 1 (Space Devices)
- 2002 - ... Vývoj přístroje SOLSPAN
(zkráceně Solární spektrální analyzátor)



Magnetograf I 1972 -1983

Parametry dalekohledu

- Horizontální dalekohled s coelostatem
- Průměr zrcadel coelostatu 500 mm
- Průměr objektivu 450 mm
- Ohnisková vzdálenost objektivu 35 m
- Průměr slunečního disku cca 300 mm
- Velikost vstupní štěrbiny 0.5x0,5 mm



Magnetograf I 1972 -1983

Magnetograf I

1972 - 1983

- Měření polarizace světla
- 22.06.1972 - první měření slunečním magnetografem
- Podélná složka magnetického pole, jas kontinua, Dopplerovské rychlosti nepoužitelné
- 1972 - 1973 registrace na registrační papír, zpracování ruční – otročina
- 10.06.1974 - první digitální měření v reálném čase v Ondřejově
- 1974 - 1983 registrace na děrnou pásku, zpracování počítačem
- Nová koncepce řízení slunečního dalekohledu:
pointace, skanovací automat, souřadnicový systém,

První magnetografické měření 22.06.1972

Kanál středu spektr.čáry



Kanál mag.pole

Zápis na registrační papír

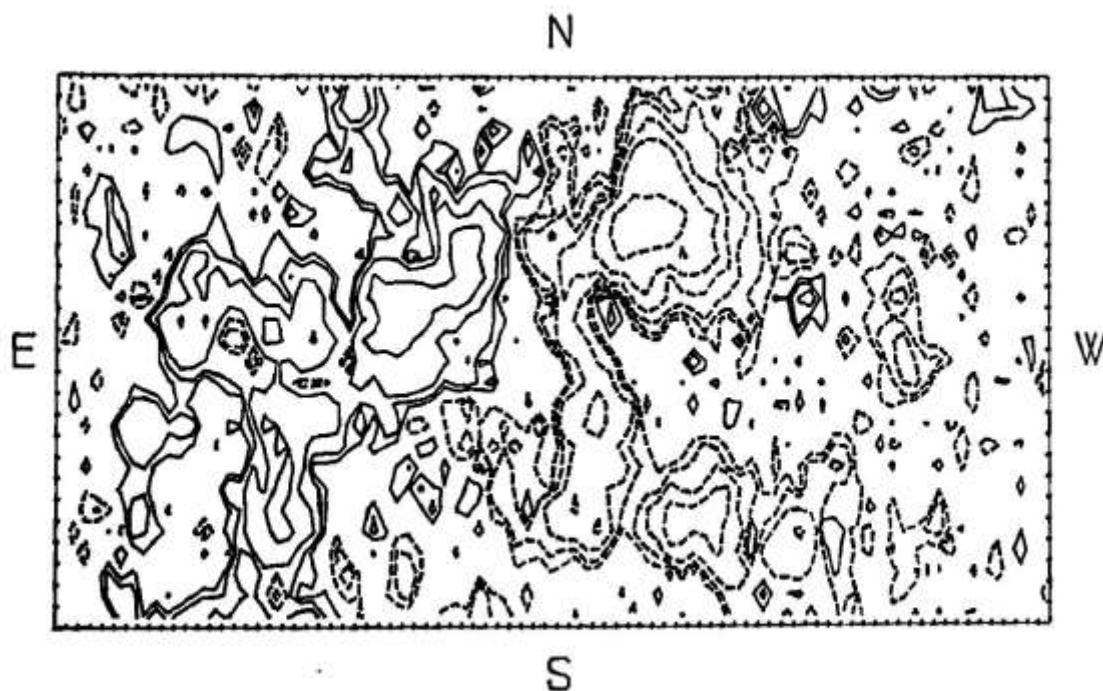
Kanál středu spektr.čáry

Kanál rychlostí

Magnetograf I

1972 -1983

ONDREJOV OBSERVATORY MAGNETOGRAM



DATE JUNE 17, 1974
OBSERVER 1 6:30- 7:15 UT

DELTA X = 1.0 DELTA Y = 5.2
SLIT SIZE = 2.94x5.87
LAMBDA = 5253.47
SOLID - PLUS
DASHED - MINUS

LEVELS	(GAUSS)
(+)	(-)
40	40
80	80
160	160
320	320
	640
	1280

Magnetograf I

1972 -1983

- Počty měření v jednotlivých letech:

1972	1973	1974	1975	1976	1977
45	65	57	49	11	40

1978	1989	1980	1981	1982	1983
39	39	46	62	13	62

- Celkový počet měření: 528
- Doba měření oblasti 300 x 200 obl.sec cca 1 hodina

Období boje s výpočetní technikou 1984 - 1989

- Inteligentní(?) procesor TP 08
- komunikace přes děrnou pásku a děrovač
- připojení magnetopáskové jednotky PT 105
- programování ve strojovém kódu
- nespolehlivost magnetopáskové jednotky
- 1989 - první stolní počítač, který jsme mohli koupit (PP-06 naší výroby, bez HDD, jen dvě 5.25“ mechaniky, za 50.000,-Kč)

Magnetograf II 1990 -2001



Parametry dalekohledu

- Horizontální dalekohled s coelostatem
- Průměr zrcadel coelostatu 600 mm
- Průměr objektivu 500 mm
- Ohnisková vzdálenost objektivu 35 m
- Průměr slunečního disku cca 300 mm
- Velikost vstupní štěrbinu 0.5x0,5 mm





Pointační a skanovací stolek - srdce dalekohledu



Černá díra spektrografu

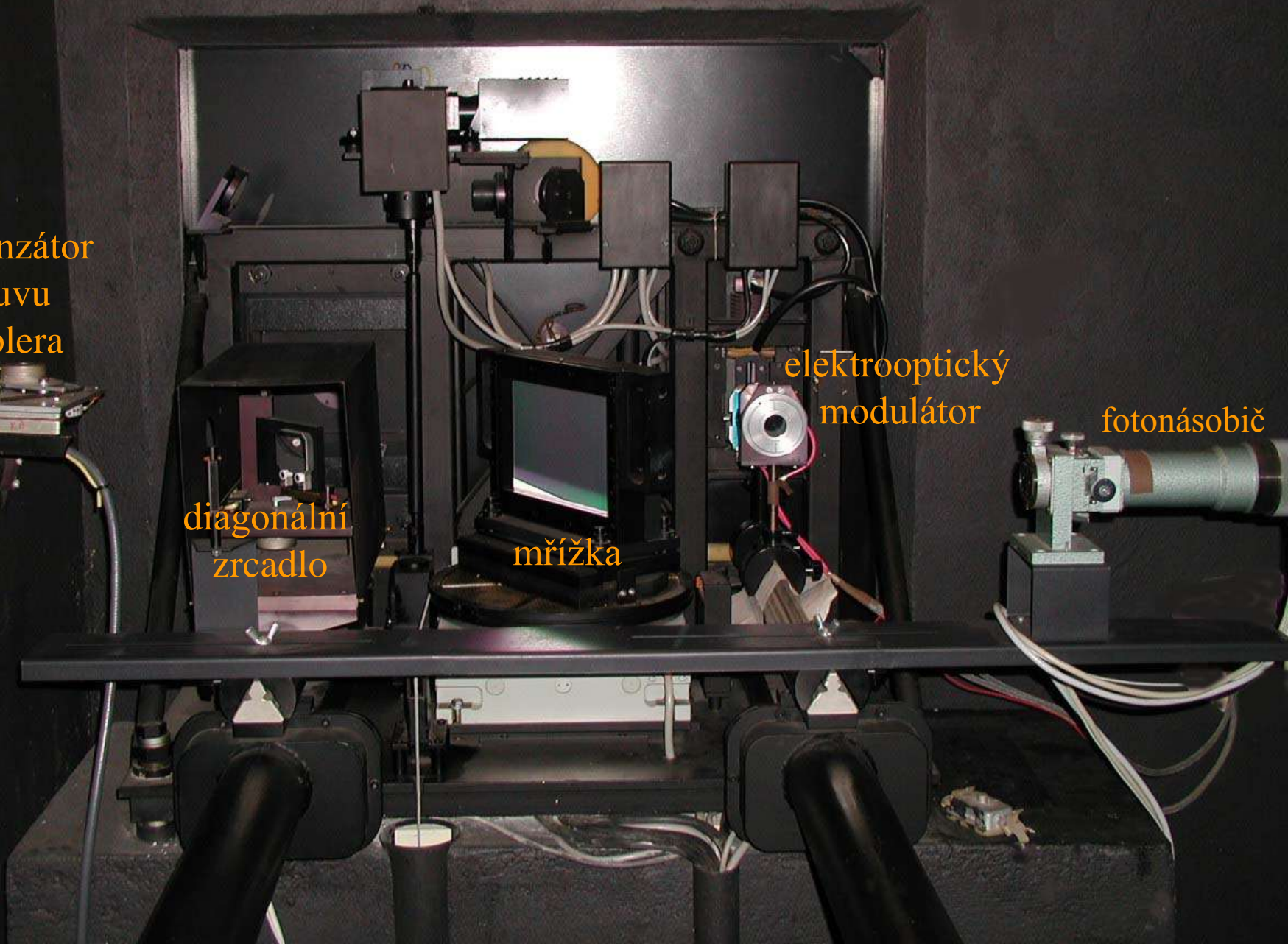
kompenzátor
posuvu
Dopplera

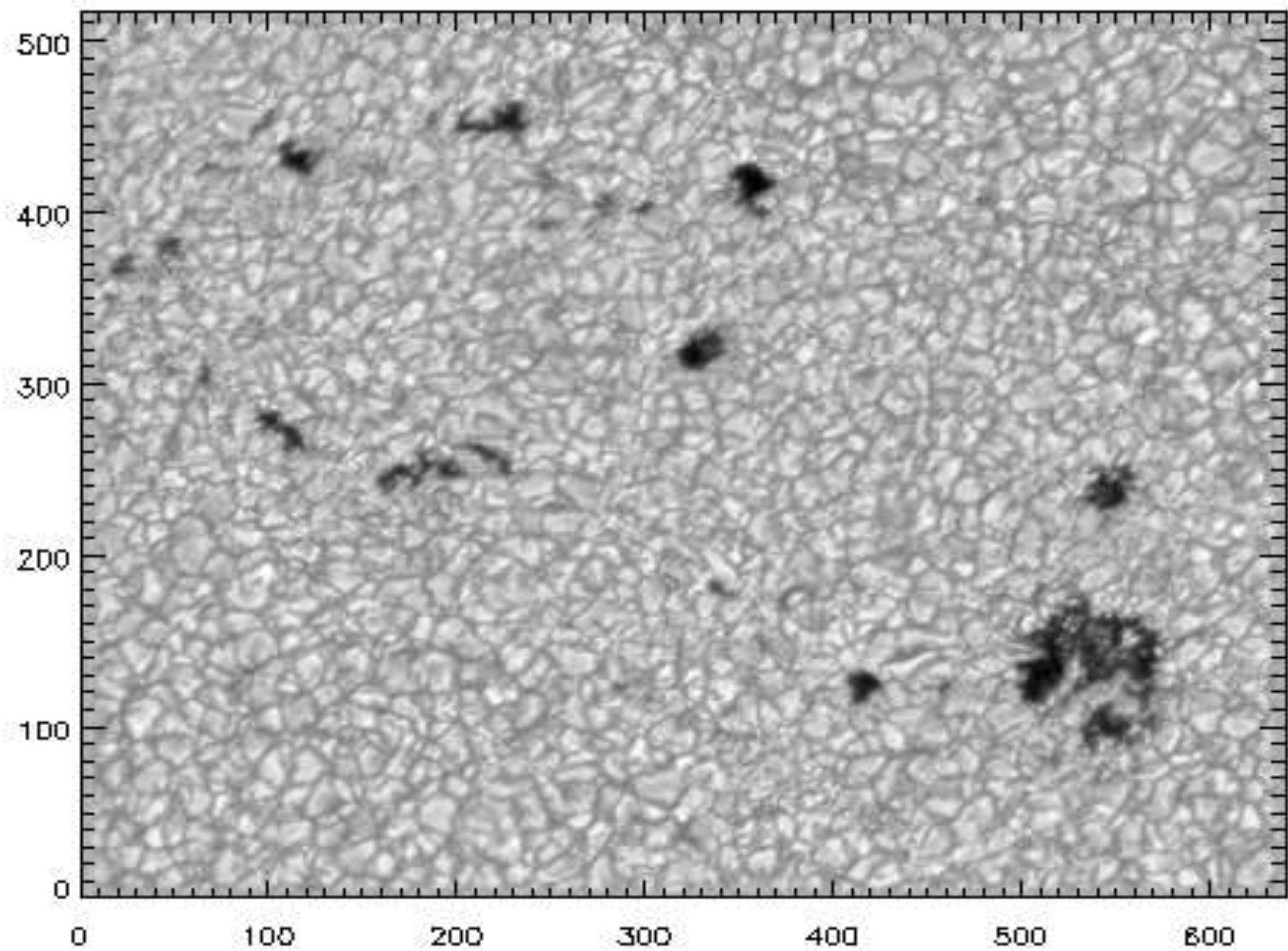
diagonální
zrcadlo

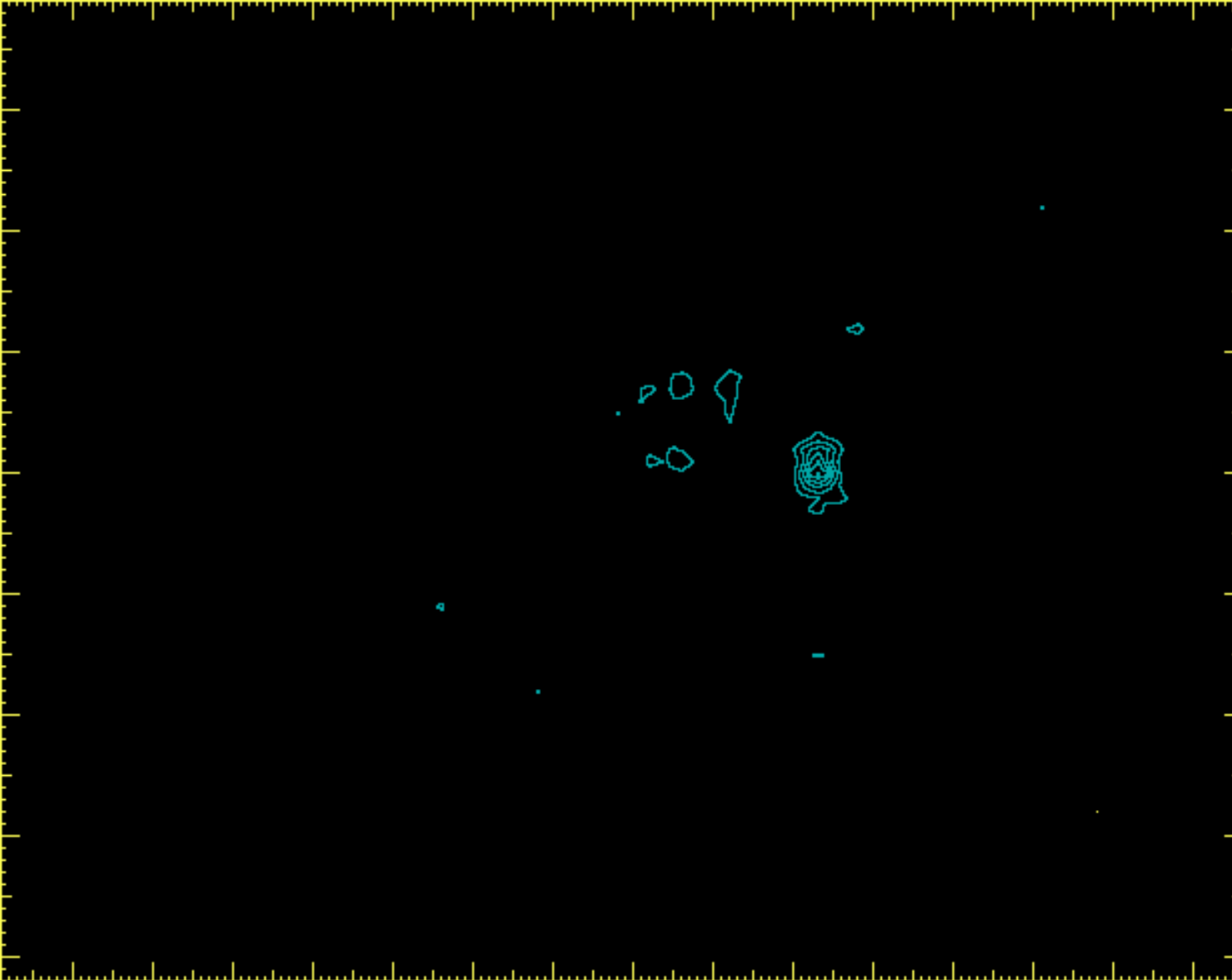
mřížka

elektrooptický
modulátor

fotonásobič



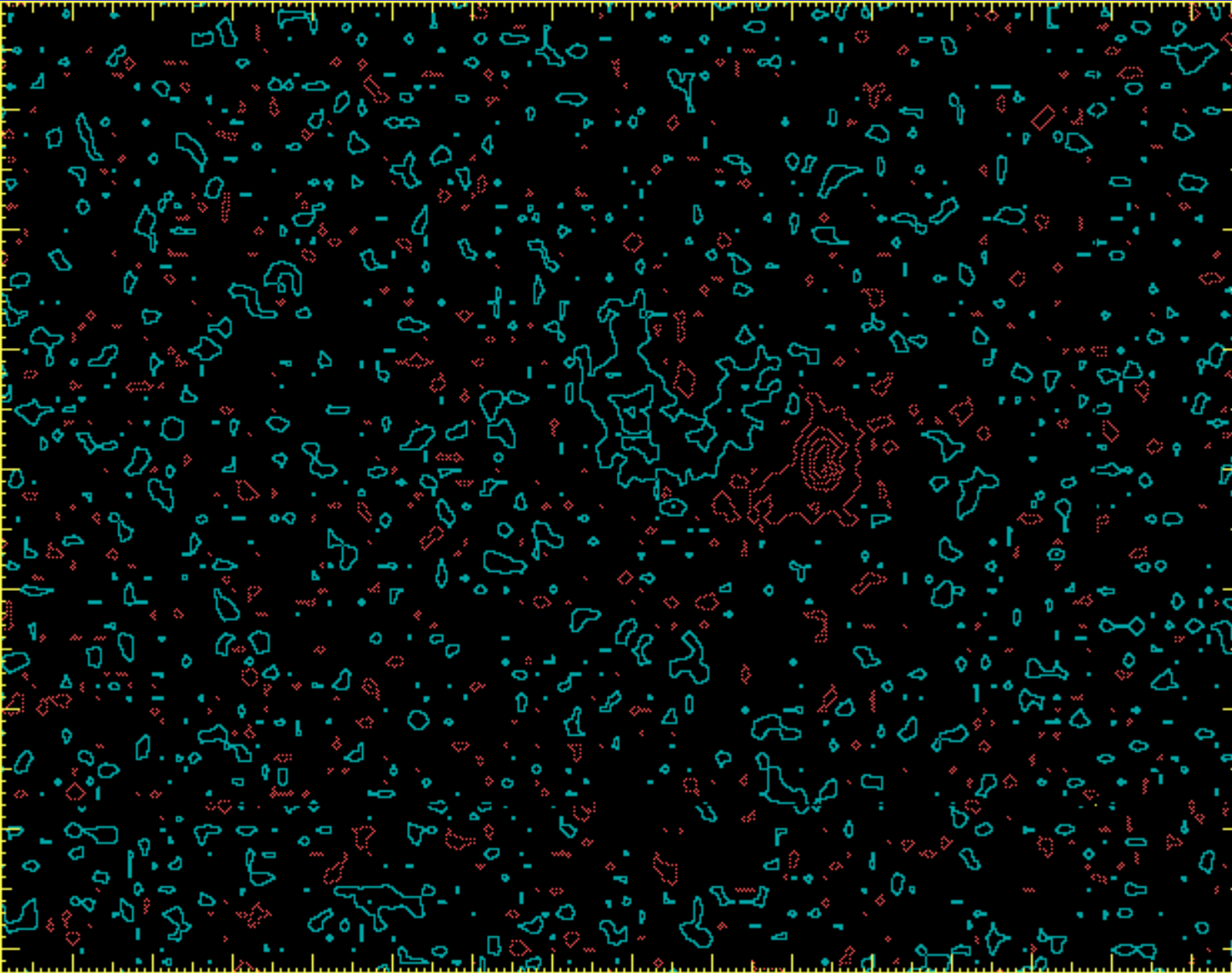




100" History: IC CL

ONDREJOV OBSERVATORY PHOTOGRAM(CONT.)

Date: 063095-8 Time: 11:05:21 - 11:28:56 UT Region: 7886
File: 063095M5.8 X: 1 - 138 Y: 68 - 82 Magnification: 4
Lin.Scale: 35 65 95 125 155 185 (%/10)



100" History: 2C(S) CL(5253.47)

ONDREJOV OBSERVATORY MAGNETOGRAM(R+B) 5253.47

Calibration for 5253.47

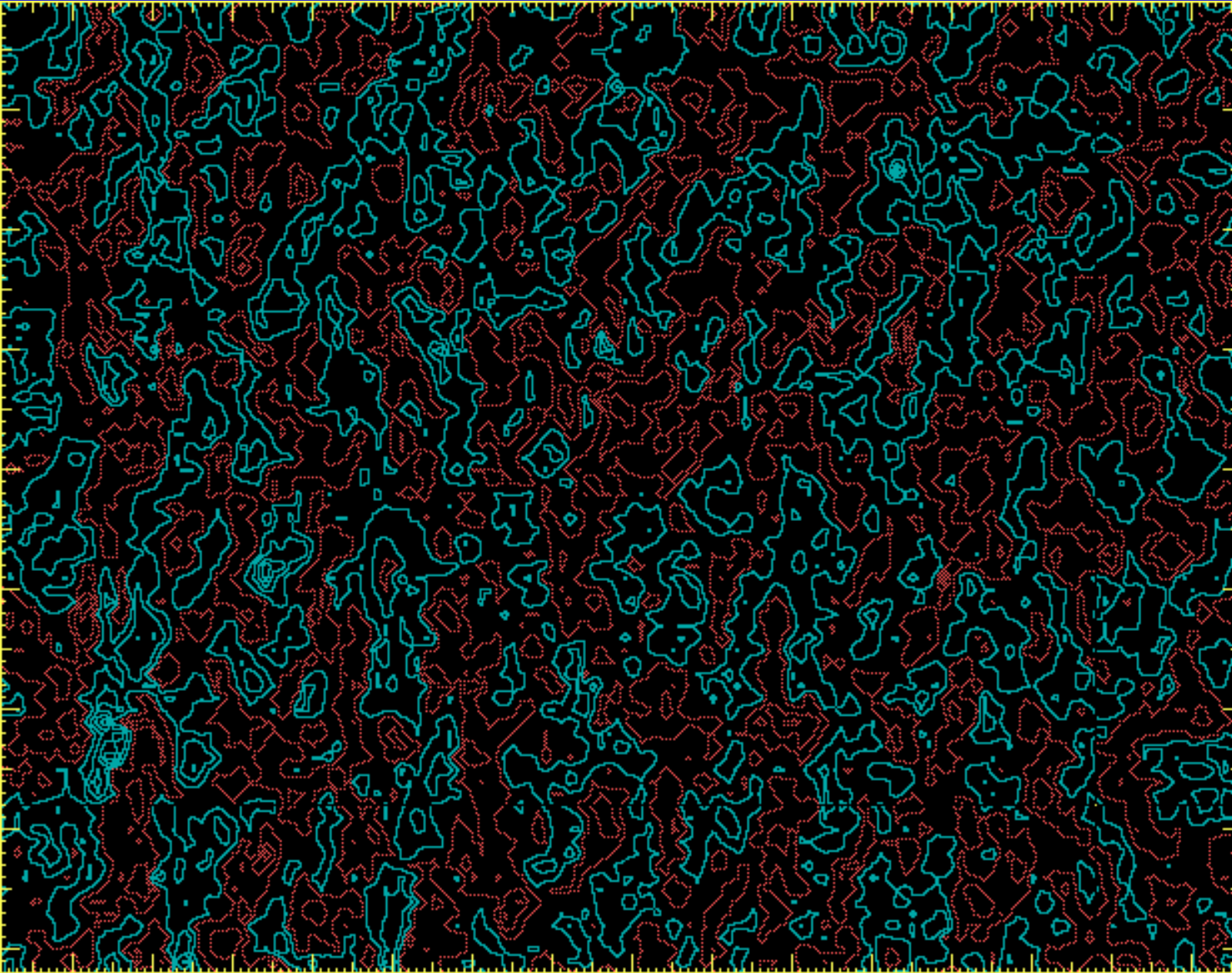
Date: 063095-8 Time: 11:05:21 - 11:28:56 UT

Region: 7886

File: 063095M1.8 X: 1 - 138 Y: 68 - 82

Magnification: 4

Lin.Scale: 5 15 25 35 45 55 (mT)



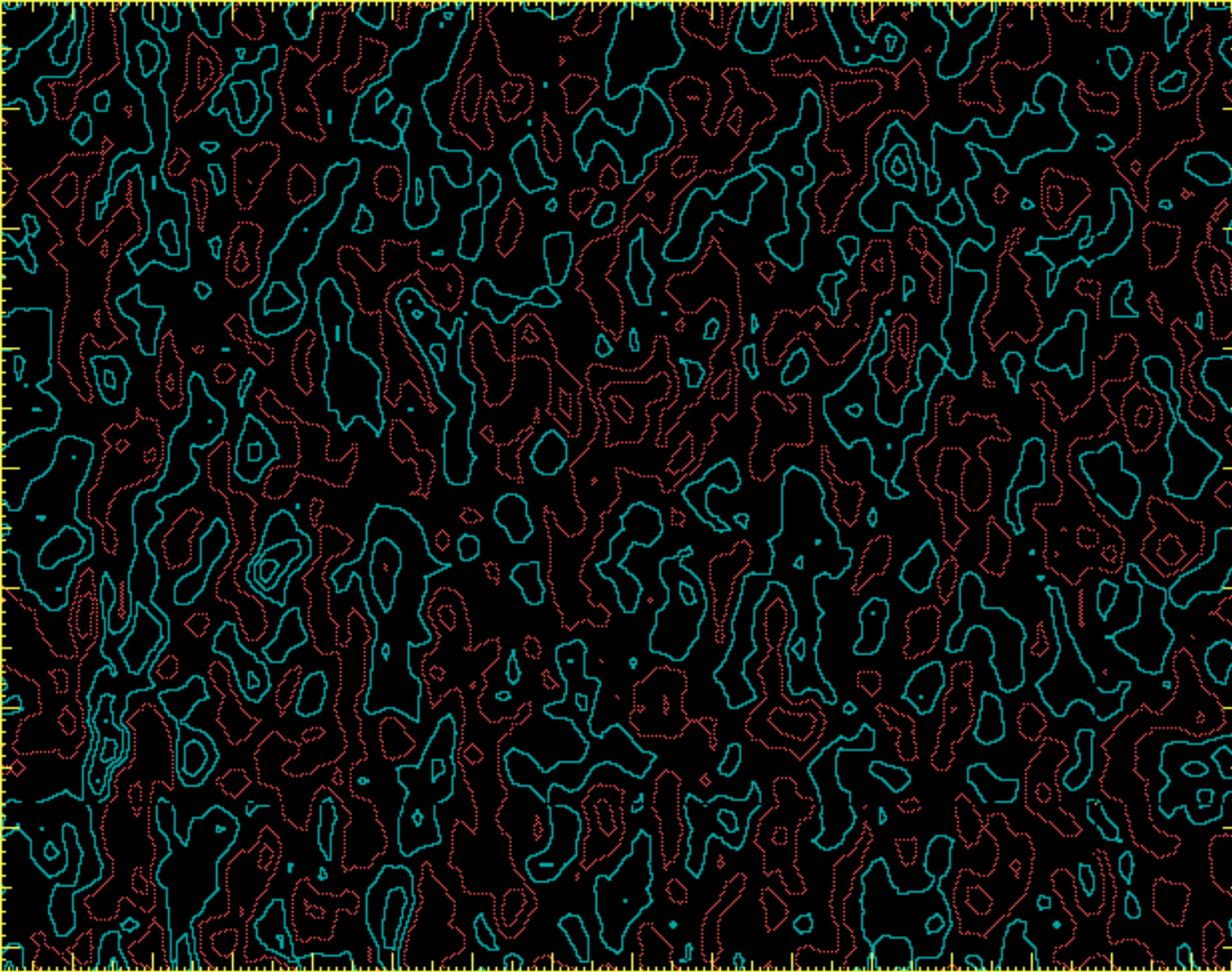
100" History:PC CR MD(-506)

ONDREJOV OBSERVATORY DOPPLERGRAM(20) 5253.47

Date: 063095-8 Time: 11:05:21 - 11:28:56 UT Region: 7886

File: 063095M8.8 X: 1 - 138 Y: 68 - 82 Magnification: 4

Lin.Scale: 100 300 500 700 900 1100 (m/s)



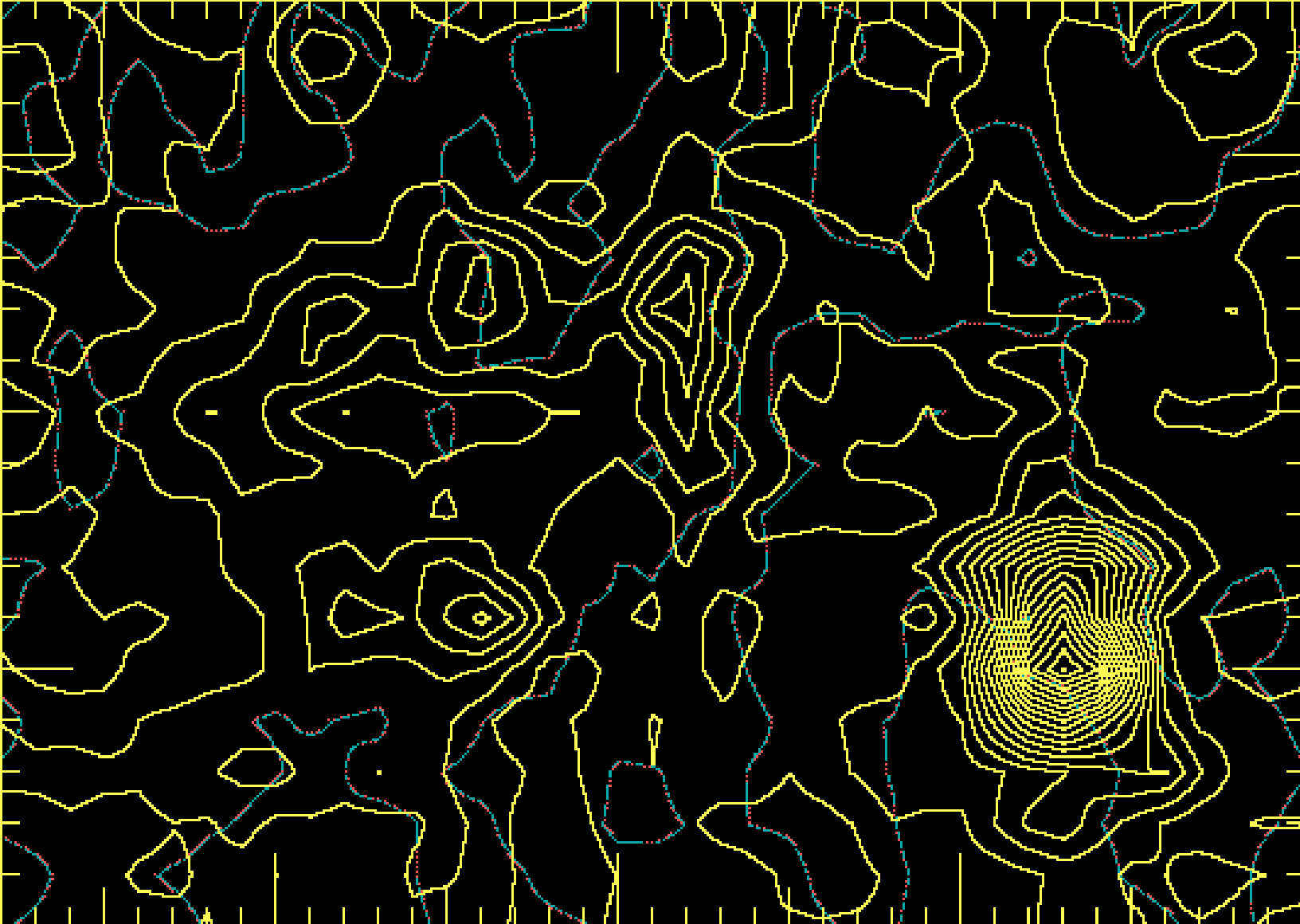
100" History:PC CR MD(-506) 1

ONDREJOV OBSERVATORY DOPPLERGRAM(20) 5253.47

Date: 063095-8 Time: 11:05:21 - 11:28:56 UT Region: 7886

File: 063095M8.8 X: 1 - 138 Y: 68 - 82 Magnification: 4

Lin.Scale: 100 300 500 700 900 1100 (m/s)



ONDREJOV OBSERVATORY PHOTOGRAM(CONT.)

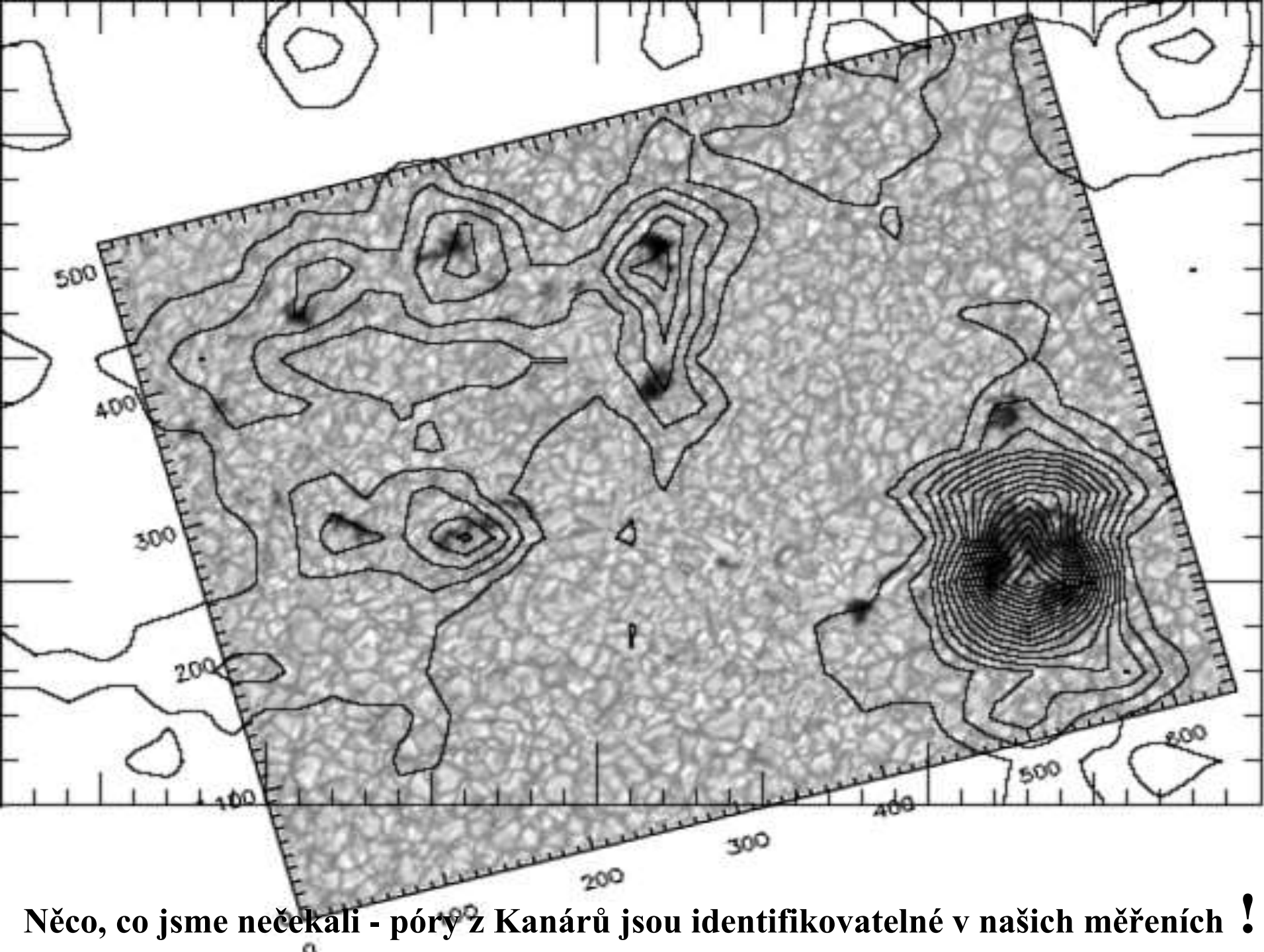
Date: 063095-8 Time: 11:05:21 - 11:28:56 UT

Region: NOAA 7886

File: 063095F5.8 X: 72 - 110 Y: 27 - 45

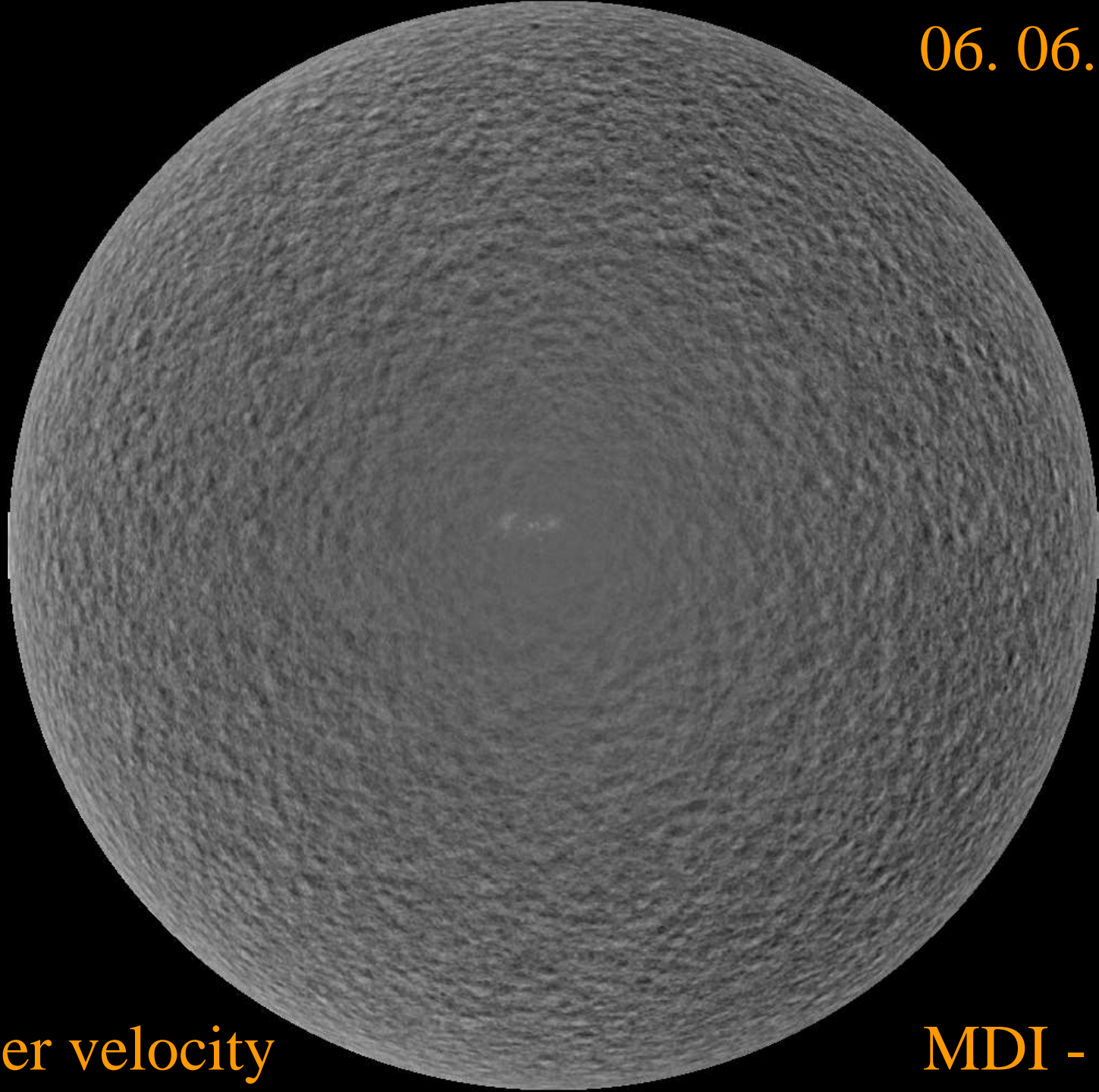
Magnification: 14

Li: 0 1 5 15 25 35 45 55 (x10)



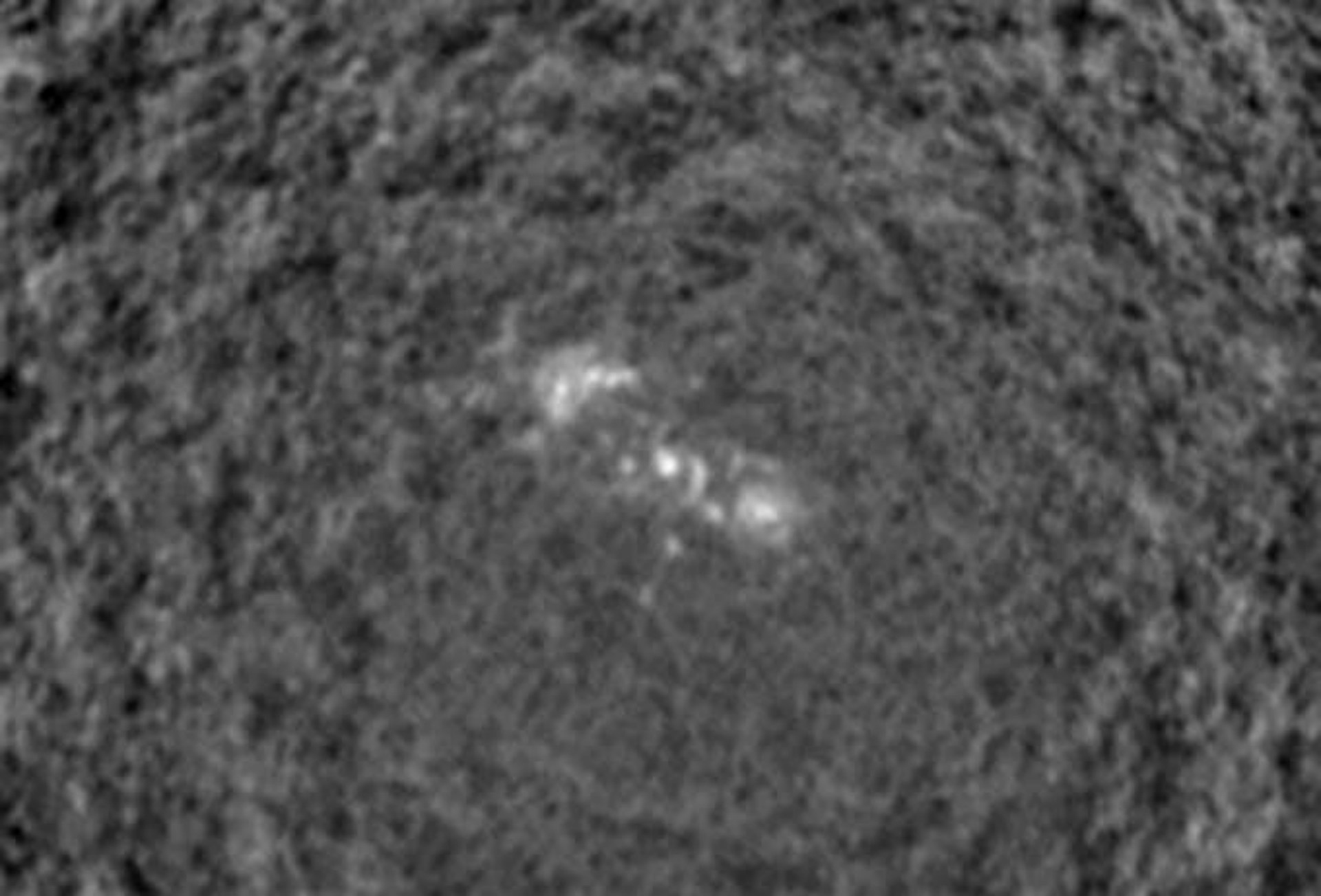
Něco, co jsme nečekali - póry z Kanárů jsou identifikovatelné v našich měřeních !

06. 06. 1996

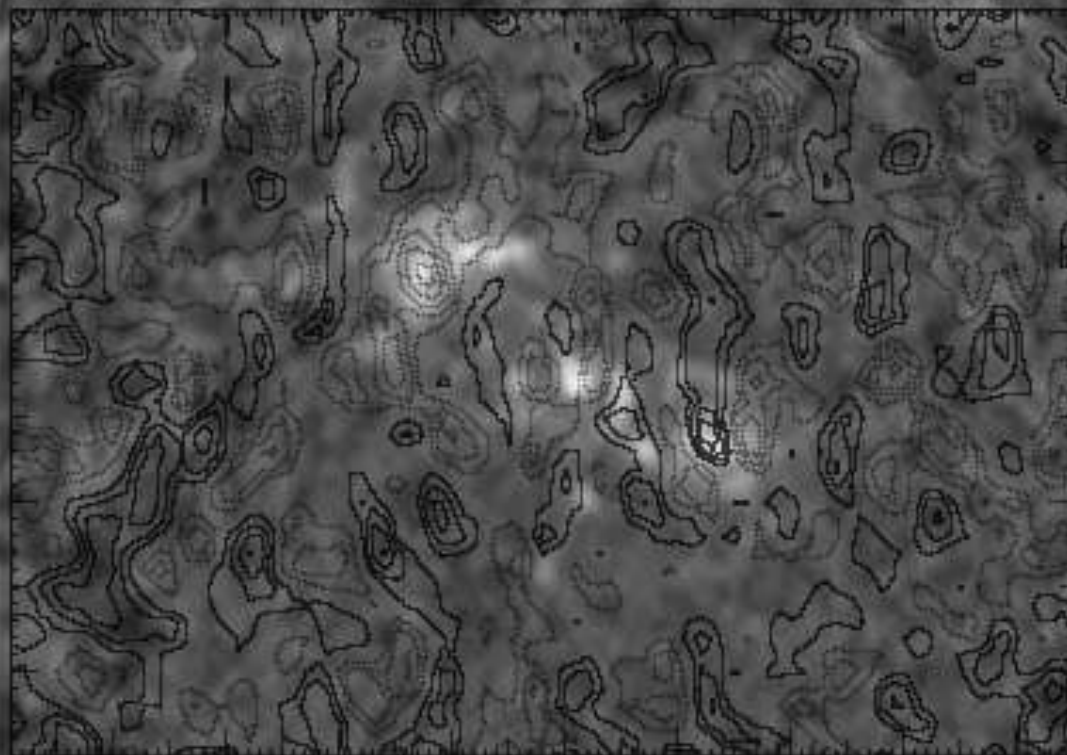


Doppler velocity

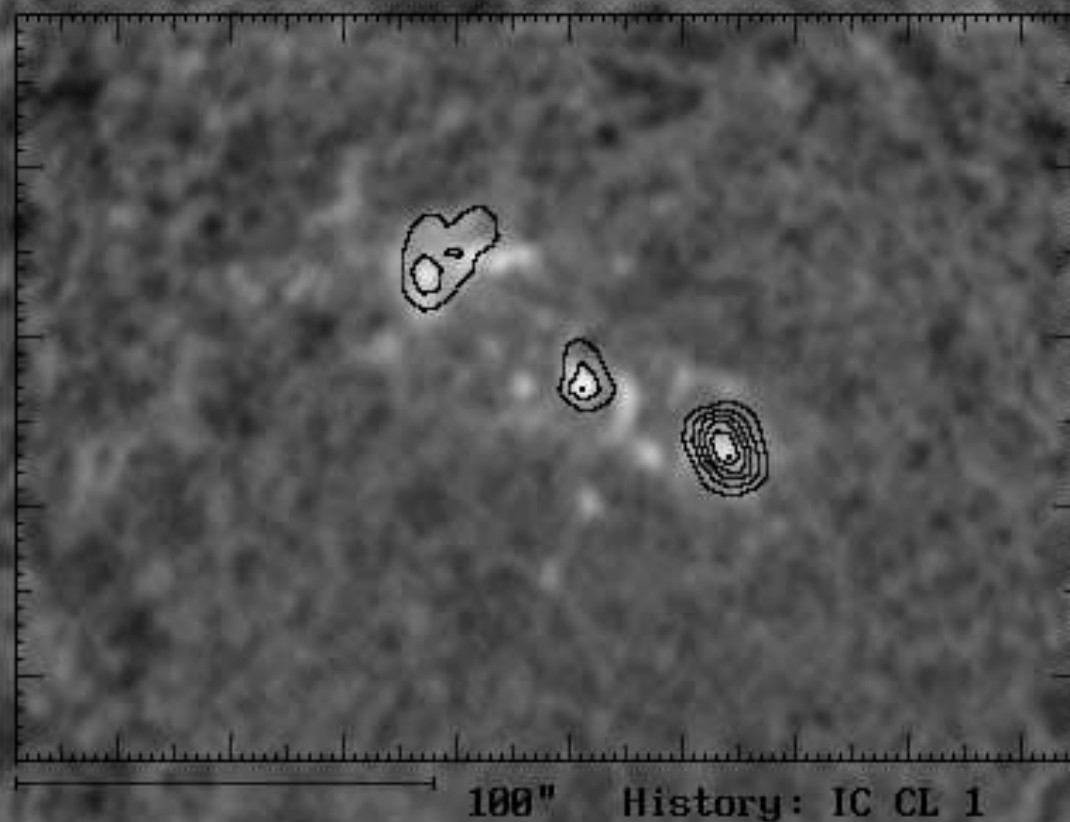
MDI - SoHO



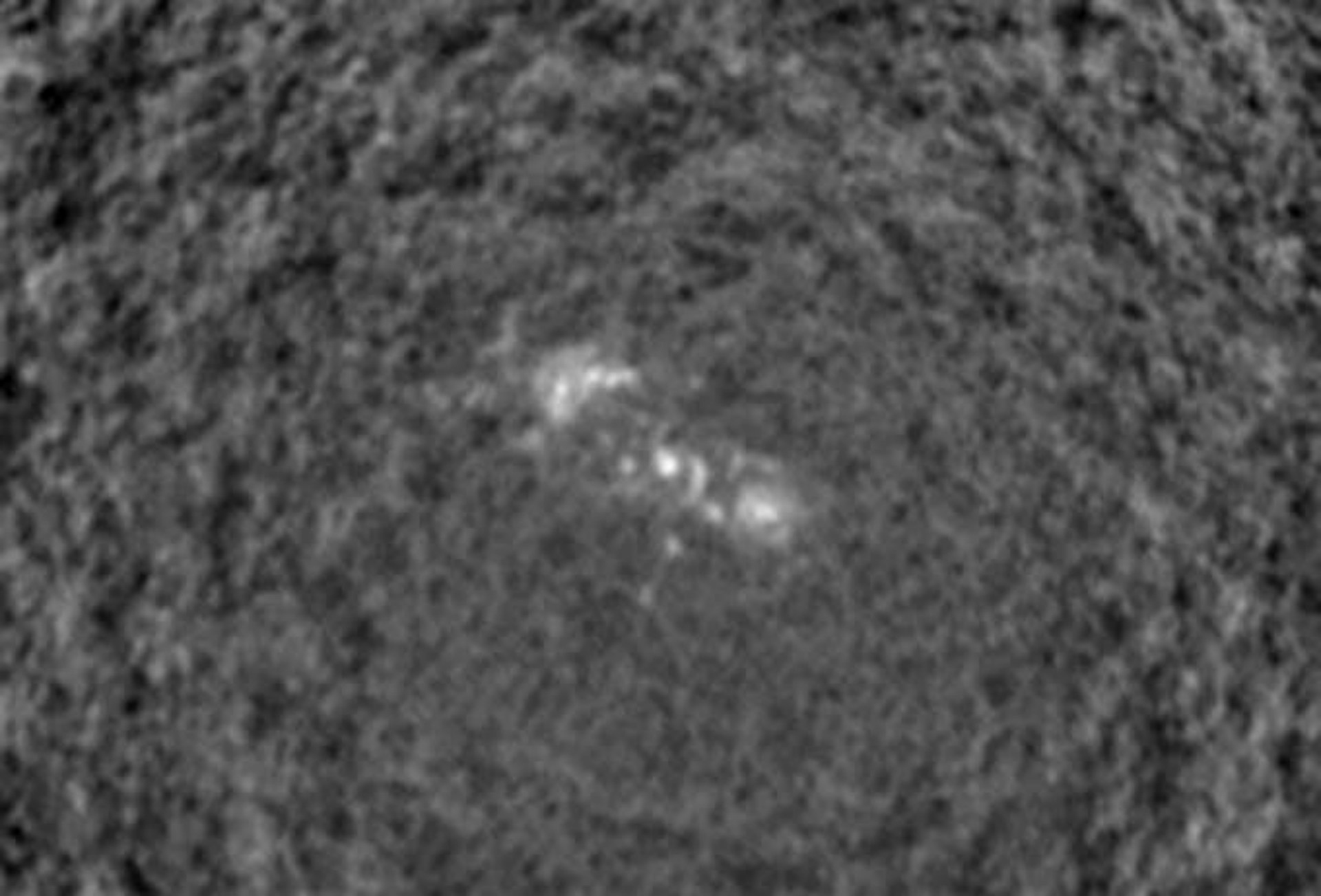
Zvětšený a natočený výřez dopplerovského rychlostního pole, měřeného MDI/SoHO



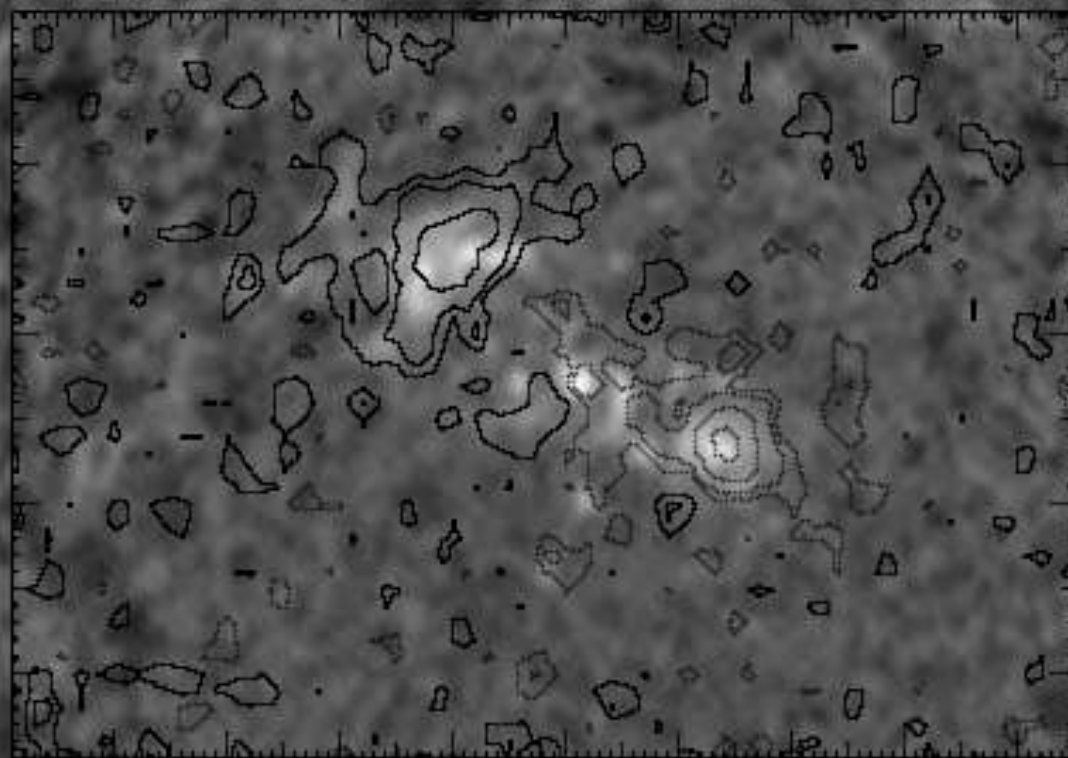
Dopplerogram MDI/SoHO s izočarami dopplera, měřenými magnetografem II



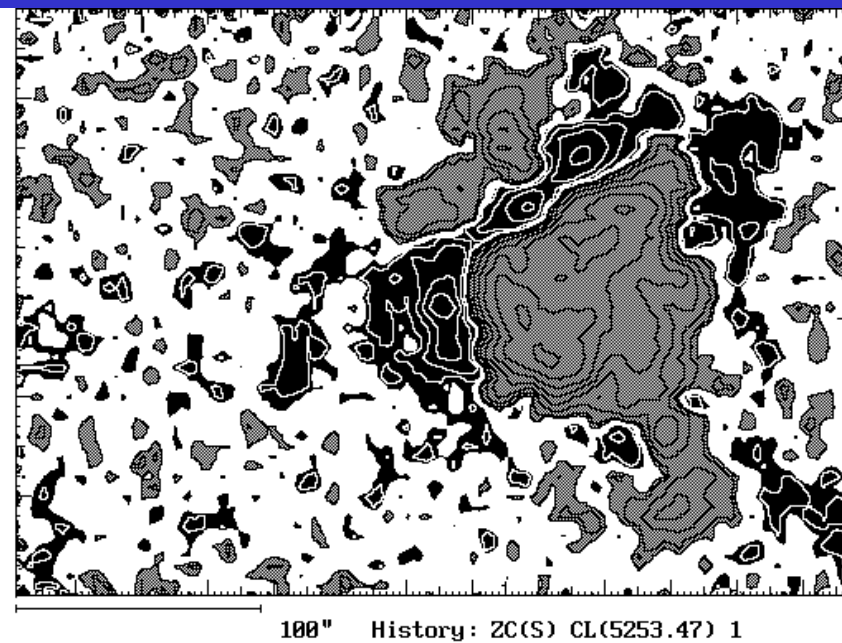
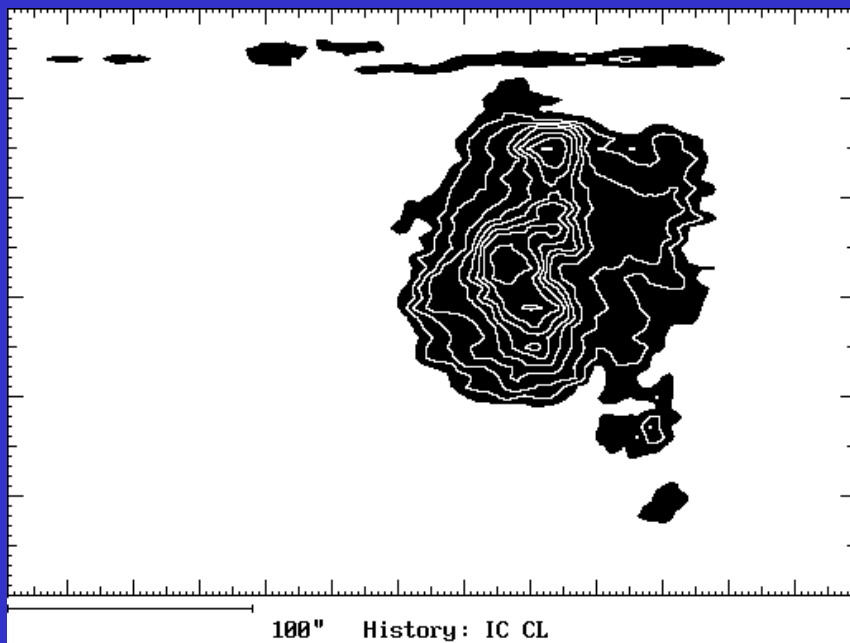
Dopplerogram MDI/SoHO s izočarami kontinua, měřenými magnetografem II



Zvětšený a natočený výřez dopplerovského rychlostního pole, měřeného MDI/SoHO

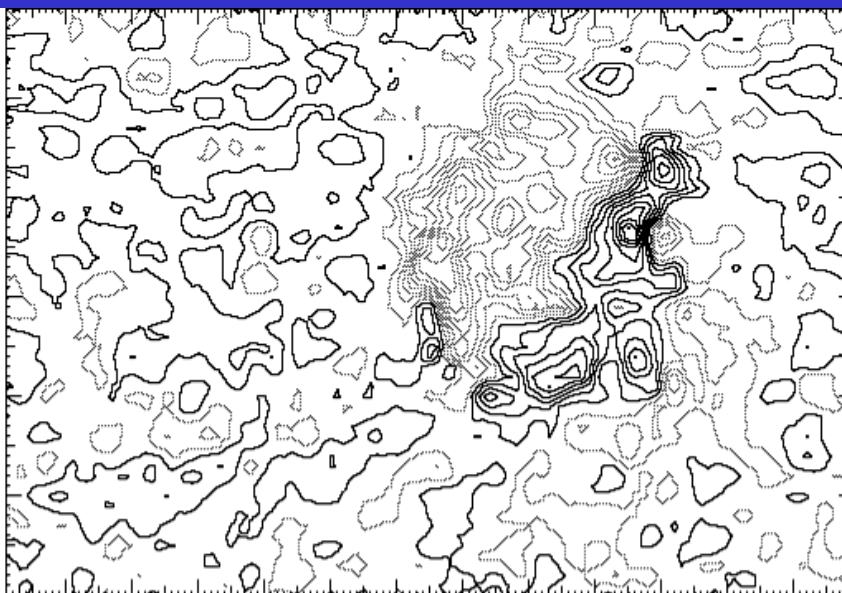
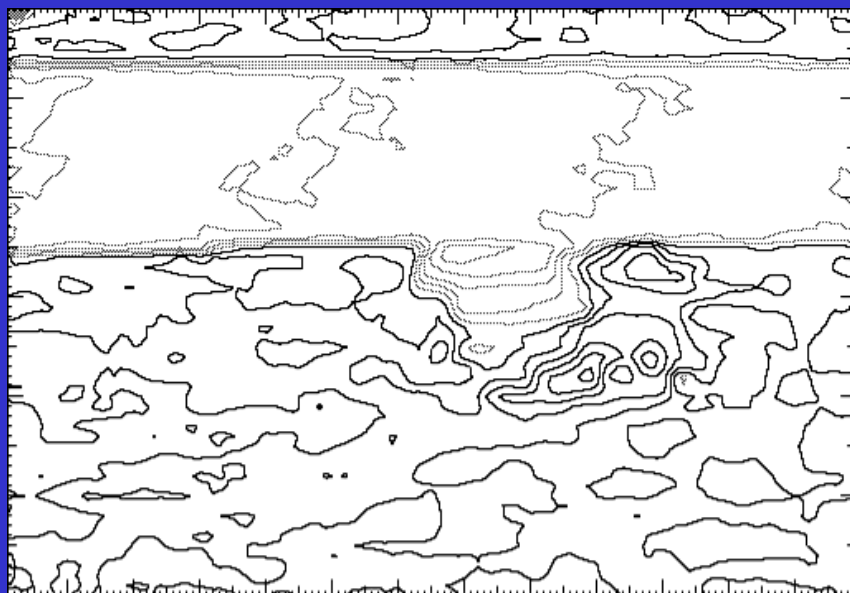


Dopplerogram MDI/SoHO s izočarami mag. pole, měřenými magnetografem II



Sluneční skvrna

Magnetické pole



Efekt fyzikální korekce v dopplerovských rychlostech - před a po korekci

Magnetograf II

1990 -2001

- Počty měření v jednotlivých létech:

1990	1991	1992	1993	1994	1995
66	286	306	137	214	314

1996	1997	1998	1999	2000	2001
196	279	125	417	280	204

- Doba měření oblasti 300 x 200 obl.sec 7min.40sec
rychlost měření se zvýšila 8x
- Celkový počet měření: 2824
- Pozorovatelé - tým 23 studentů, sezóna červen - září

Magnetograf I

1972 -1983

- Doba měření oblasti 300 x 200 obl.sec cca 1 hodina
- Celkový počet měření: 528

Magnetograf II

1990 -2001

- Doba měření oblasti 300 x 200 obl.sec 7min.40sec
rychlost měření se zvýšila 8x
- Celkový počet měření: 2824
- Pozorovatelé - tým 23 studentů, sezóna červen - září

SOLSPAN

(SOLární SPektrální ANalyzátor)

Princip :

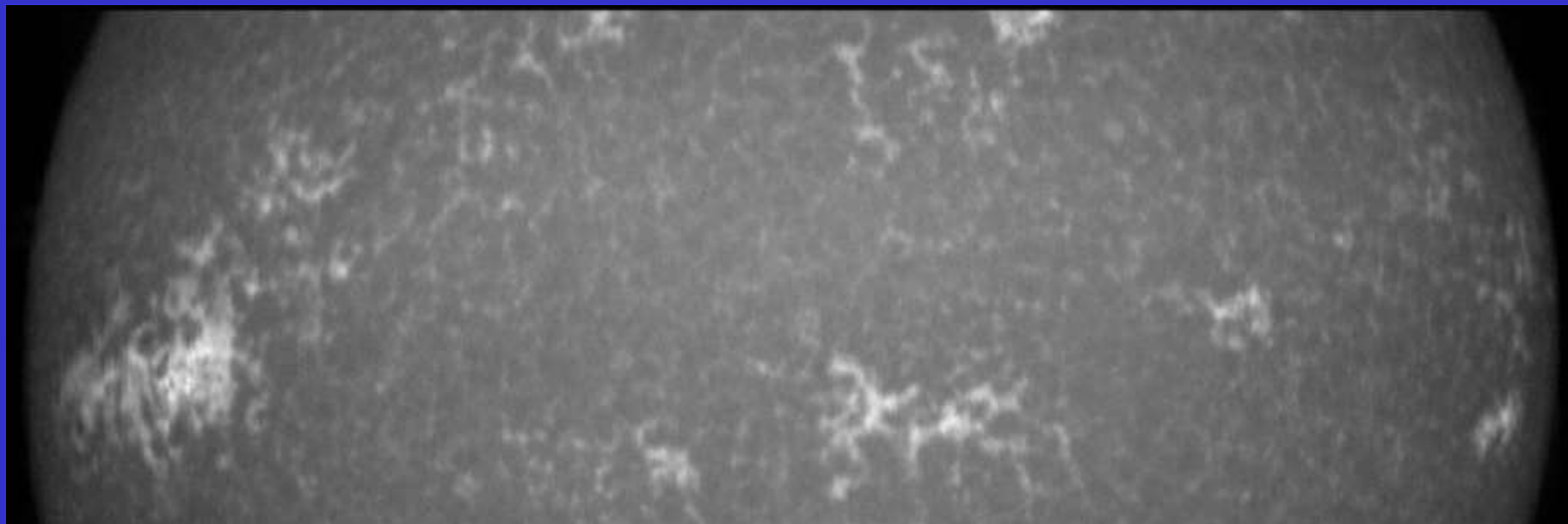
- 1) Digitalizace obrazu spektrální čáry během pohybu slunečního disku po vstupní štěrbině spektrografu
- 2) Rekonstrukce obrazu slunečního disku ve vybrané vlnové délce z vybraných segmentů této čáry

Finální výstupy:

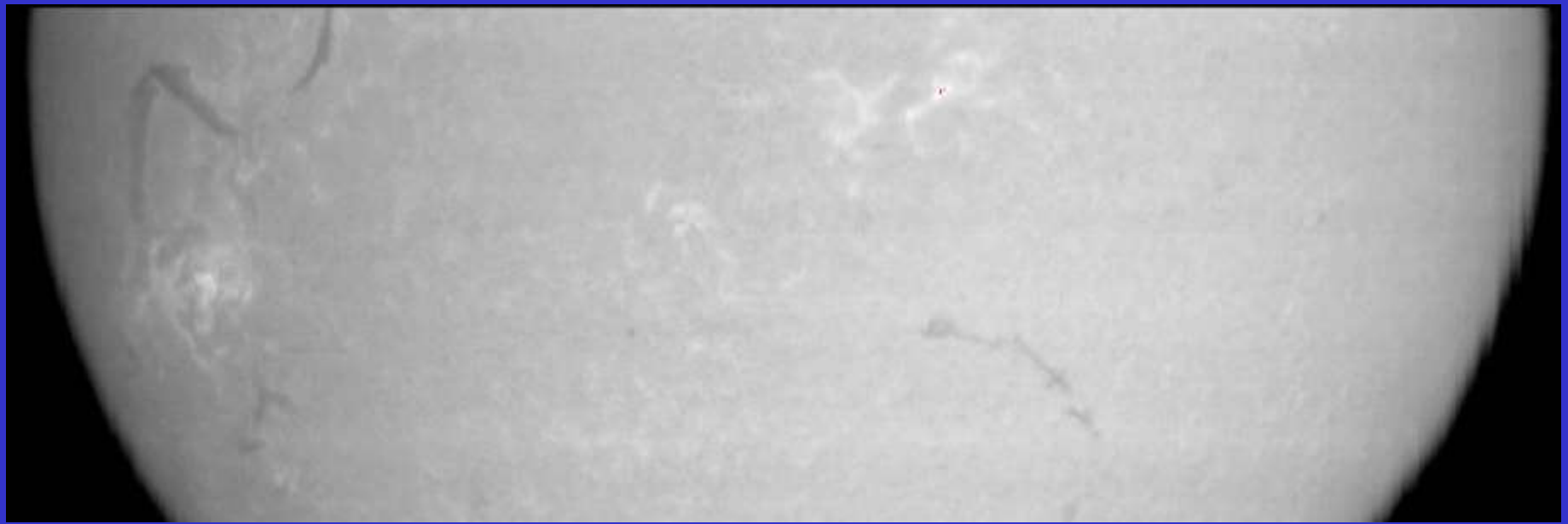
- 1) Spektroheliogramy segmentů slunečního disku ve velmi úzké spektrální oblasti
- 2) Simultánní dopplerogramy ve dvou volitelných vlnových délkách



Spektroheliogram v kontinuu spektra



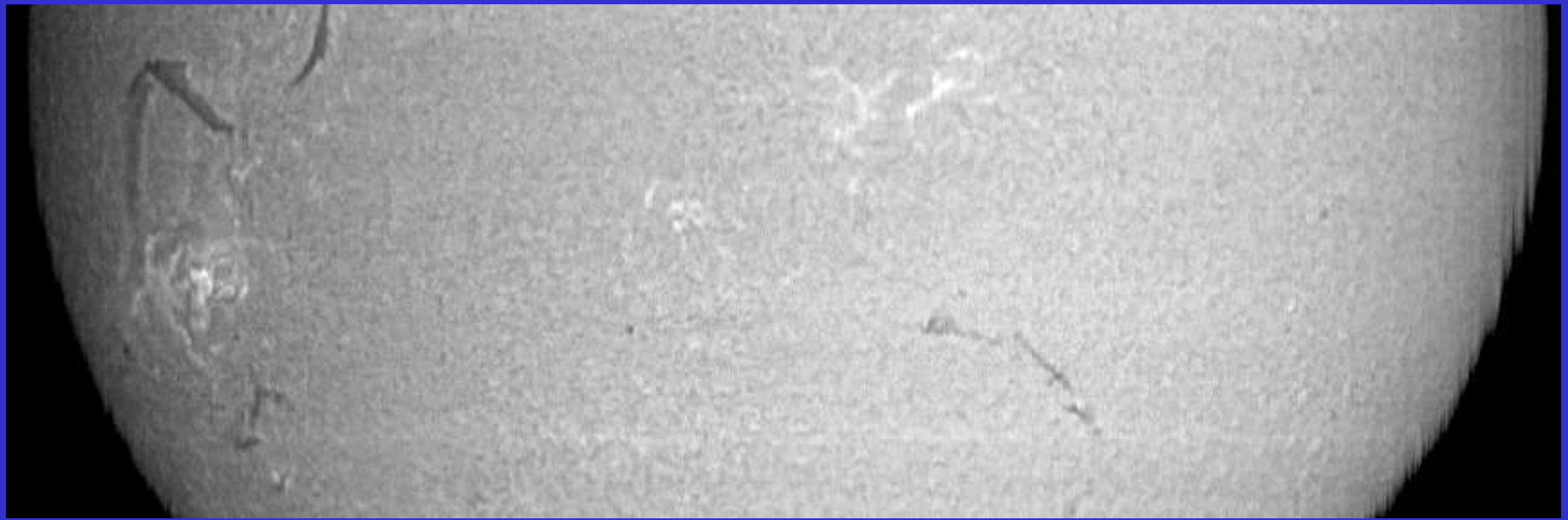
Spektroheliogram ve spektrální čáře CaIIK3



Spektroheliogram ve spektrální čáře $H\alpha$ - standardní metoda zpracování



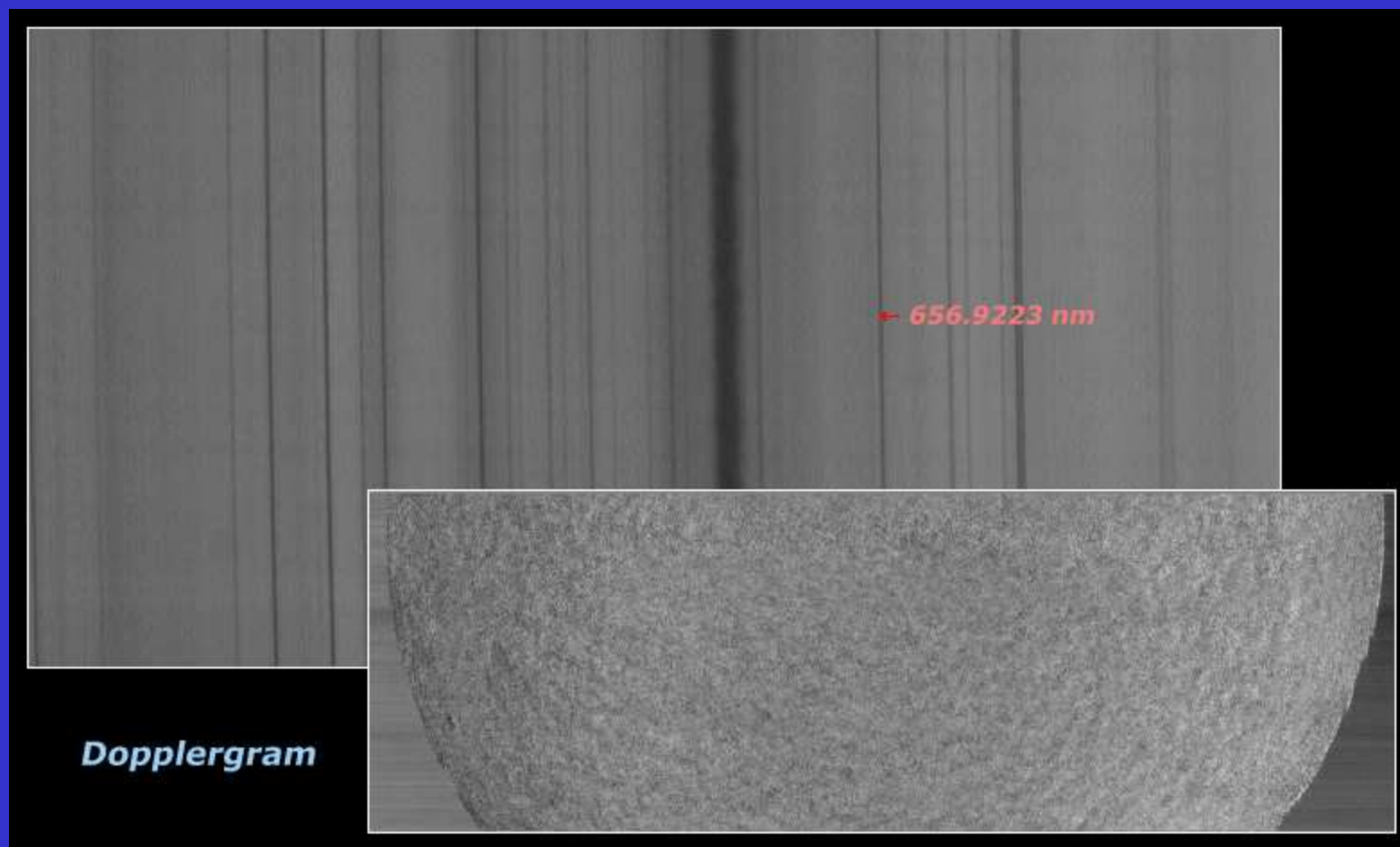
Spektroheliogram ve spektrální čáře $H\alpha$ - zpracován metodou Zdeny Druckmullerové



Spektroheliogram ve spektrální čáře $H\alpha$ - zpracován metodou Zdeny Druckmullerové



Dopplerogram ve spektrální čáře $H\alpha$ - zpracován metodou Zdeny Druckmullerové



Dopplerogram v čáře 656,9 nm - zpracován metodou Zdeny Druckmullerové

Co očekáváme od SOLSPANu ?

- 1) Spektroheliogram segmentů slunečního disku ve volitelných, velmi úzkých spektrálních oblastech
- 2) Dopplerovské rychlosti v různých místech profilu spektrální čáry
- 3) Simultánní měření rychlostí v několika zcela odlišných výškách sluneční atmosféry
- 3) Vyšší časové a prostorové rozlišení
- 4) Možná s trochou štěstí . . . (i magnetická pole ???)
pokud ovšem o ně u nás bude zájem

Děkuji Vám

za Vaši

pozornost