



**PROGRAM  
CEZHRANIČNEJ  
SPOLUPRÁCE**

SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA  
EURÓPSKY FOND  
REGIONÁLNEHO ROZVOJA**

SPOLOČNE BEZ HRANÍC



**FOND MIKROPROJEKTŮ**

# Velké sluneční dalekohledy

Michal Sobotka  
Astronomický ústav AV ČR, Ondřejov



- Velkými slunečními dalekohledy rozumíme přístroje, které pozorují s vysokým prostorovým, časovým a spektrálním rozlišením.
- Mají velký průměr objektivu ( $> 40$  cm) a malé zorné pole (několik obloukových minut).
- Obvykle mají v primárním ohnisku clonu, která vymezuje zorné pole a odráží nevyužité světlo (a teplo) mimo dalekohled.
- Clona musí být chlazená vzhledem k tomu, že zářivý výkon Slunce na povrchu Země je přes  $1 \text{ kW/m}^2$ .
- Velké dalekohledy sbírají světlo, které se analyzuje v tzv. postfokálních zařízeních

# Druhy dalekohledů a jejich výhody

- Umístění: pozemní / kosmické

Pozemní: menší náklady, větší velikost, flexibilita, možnost oprav

Kosmické: bez vlivu atmosféry, plný rozsah elektromagnetického spektra

- Optika: reflektory / refraktory

Reflektory: průměr nad 1 m, aktivní uložení primárního zrcadla

Refraktory: vhodné pro vakuovou konstrukci, méně optických prvků

- Primární ohnisko: v ose / mimo osu

V ose: nízká přístrojová polarizace

Mimo osu: apertura bez středového zastínění, nízké rozptýlené světlo

- Konstrukce: otevřená / uzavřená (vakuová)

Otevřená: větší velikost, jednodušší konstrukce, bez „oken“

Vakuová: bez vnitřního seeingu

# Umístění pozemních dalekohledů

Velké sluneční dalekohledy vyžadují velmi kvalitní podmínky, s minimálním vlivem atmosféry. Jen málo míst na Zemi tyto podmínky splňuje – vysoká nadmořská výška, stabilní vítr, případně vrstva přízemních mraků.

Tenerife



# Postfokální zařízení

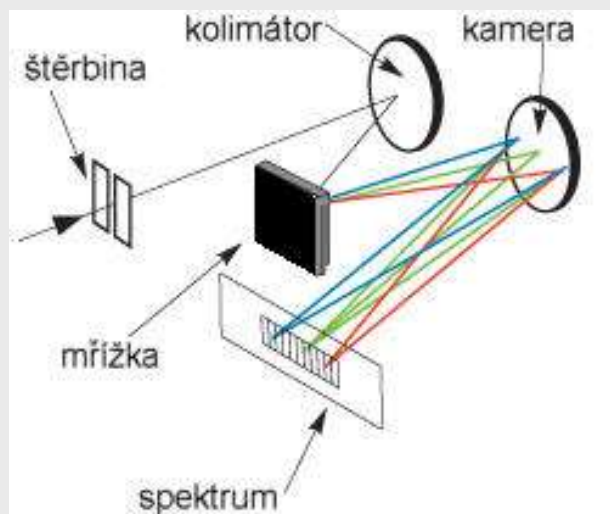
slouží většinou k rozkladu světla na spektrum. Analýzou spektrálních čar získáváme informace o teplotě, tlaku, hustotě, rychlosti a magnetickém poli.

- Spektrografy – rozklad světla procházejícího štěrbinou.
- Úzkopásmové laditelné filtry – snímky částí Slunce ve velmi úzkém spektrálním oboru, jehož  $\lambda$  se dá měnit.
- Polarimetry – kombinují se se spektrografy nebo úzkopásmovými filtry. Polarizace světla obsahuje informaci o magnetickém poli.

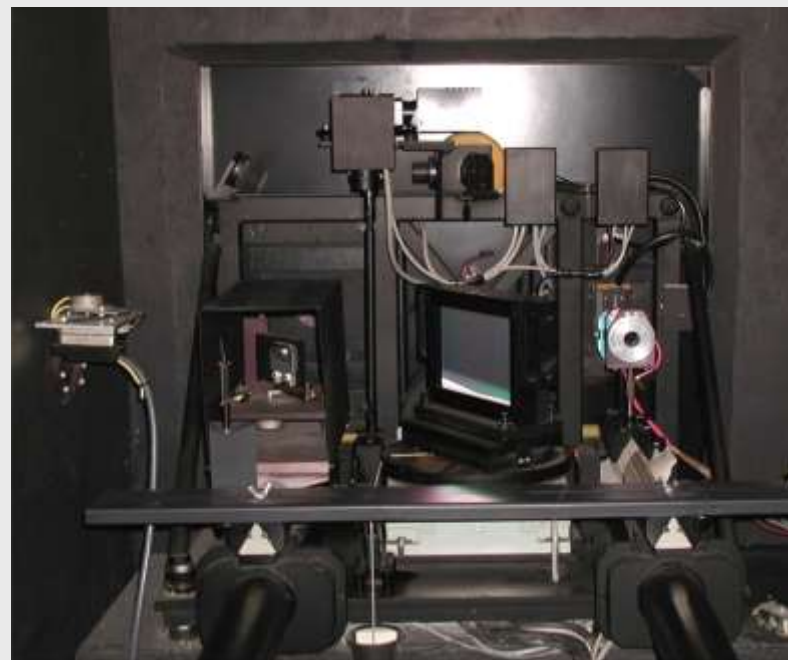
viditelné sluneční spektrum s tmavými absorpčními čarami



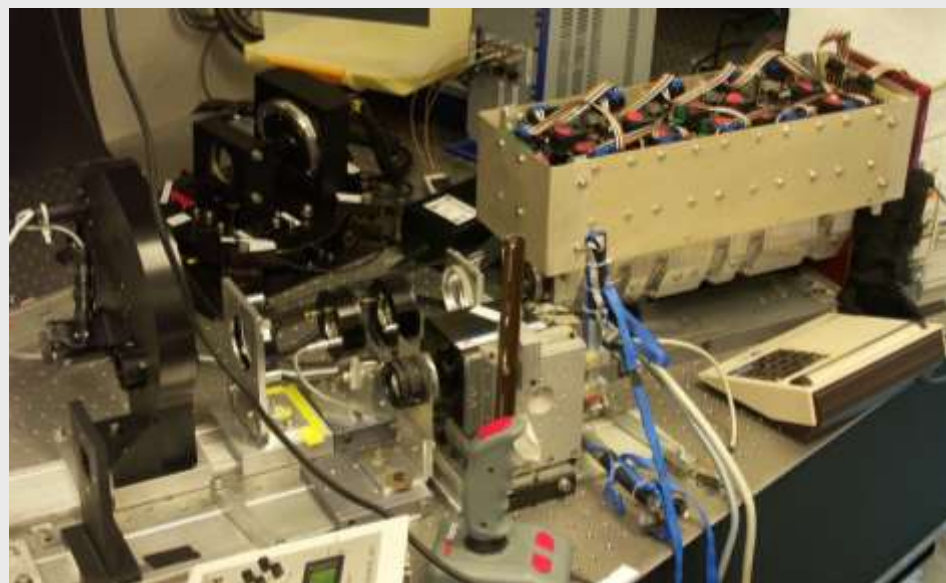




Sluneční spektrograf, Ondřejov

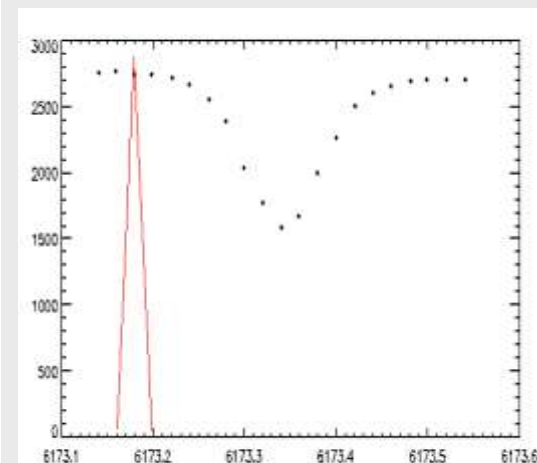
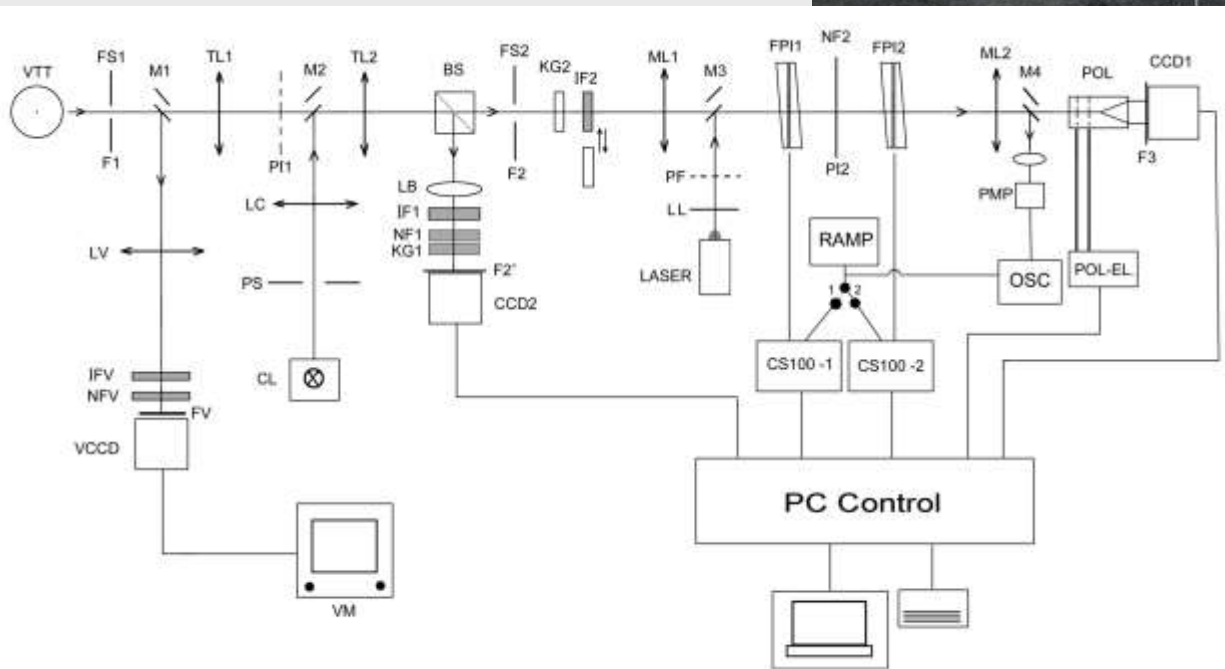


Úzkopásmový laditelný  
polarizačně-interferenční  
filtr SOUP, La Palma



# FPI – úzkopásmový laditelný filtr obsahující 2 Fabry-Pérotovy etalony, Tenerife

pásmo propustnosti:  
2-3 pm



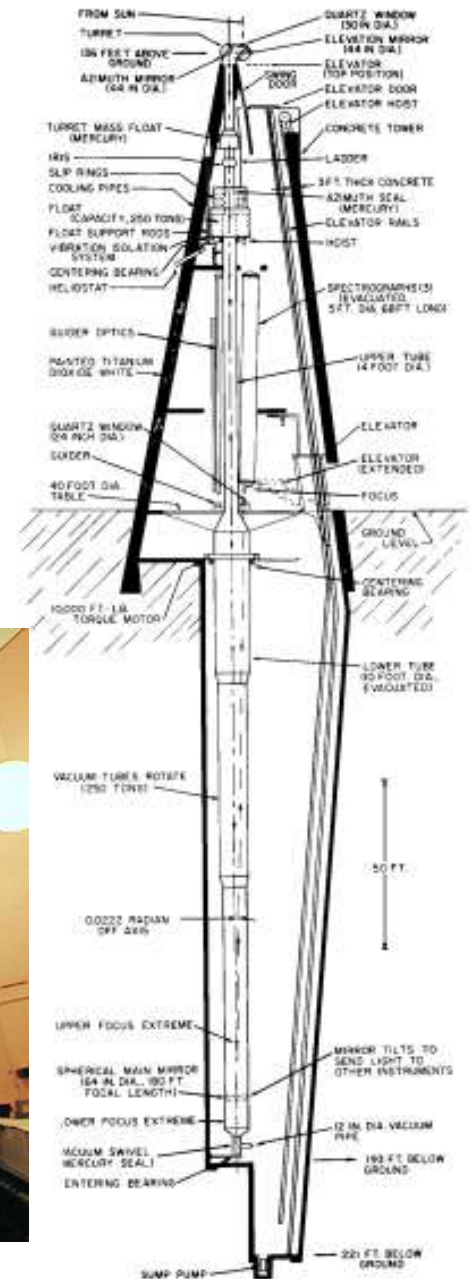
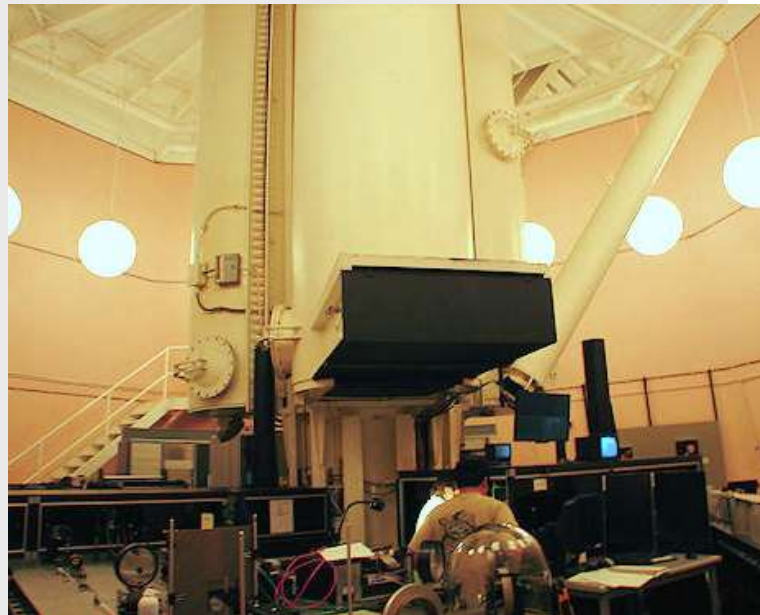


# Klasické dalekohledy 20. století



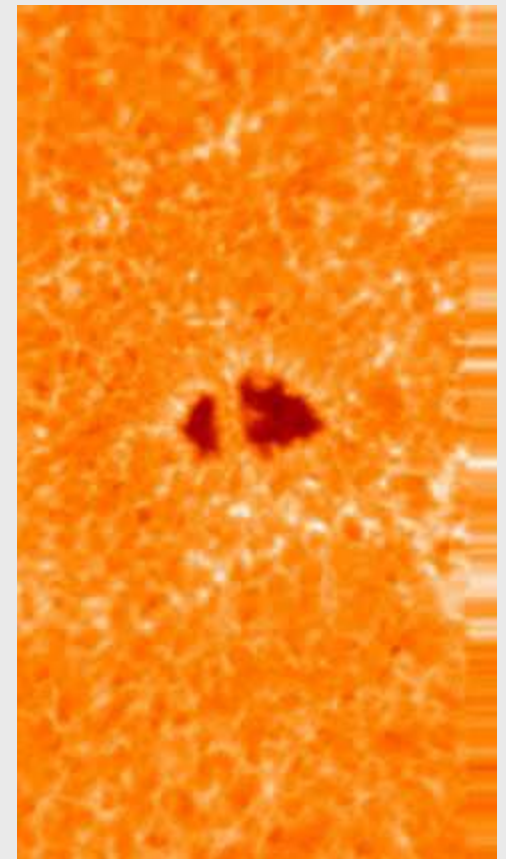
# DST (Dunn Solar Telescope)

Sacramento Peak (NM), reflektor, vakuum, mimo osu,  $D = 0,76$  m, adaptivní optika



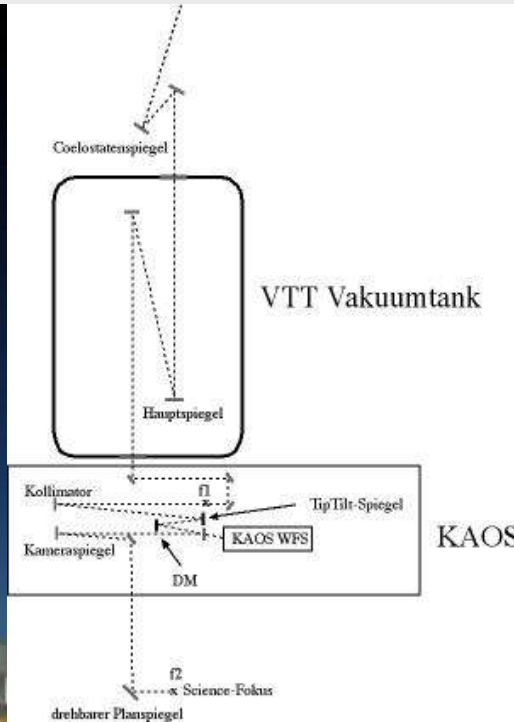
DST napájí mnoho postfokálních zařízení určených pro spektropolarimetrii:

ASP, DLSP, FIRS a SPINOR jsou spojeny se spektrografem, IBIS (pásmo 2 pm) a UBF jsou úzkopásmové laditelné filtry.





**VTT (Vakuum-Turm-Teleskop),**  
 Tenerife, reflektor,  $D = 0,7 \text{ m}$ , vakuová  
 konstrukce, mimo osu, věž 38 m.  
 Dokončen 1989, adaptivní optika od 2003



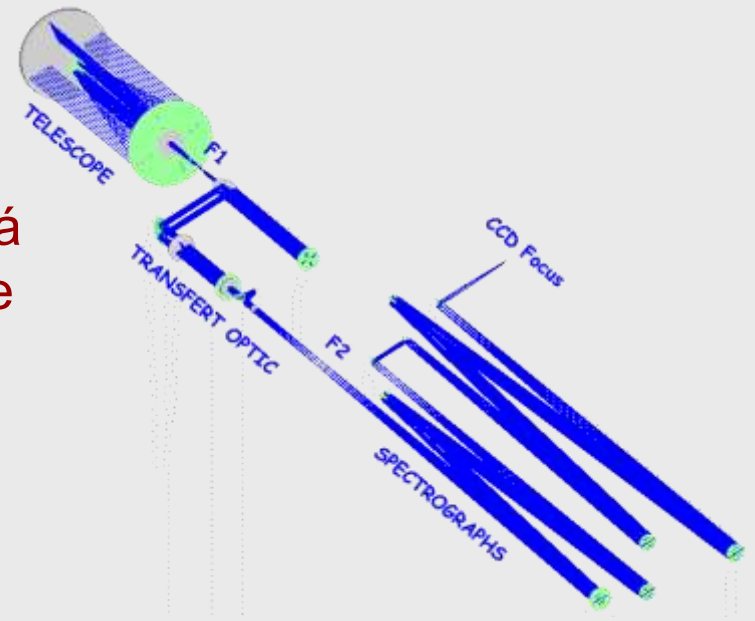
Postfokální zařízení VTT:

Spektrograf a TIP (infračervený polarimetr), TESOS (laditelný úzkopásmový filtr obsahující 3 Fabry-Pérotovy etalony s polarimetrem), optická laboratoř.



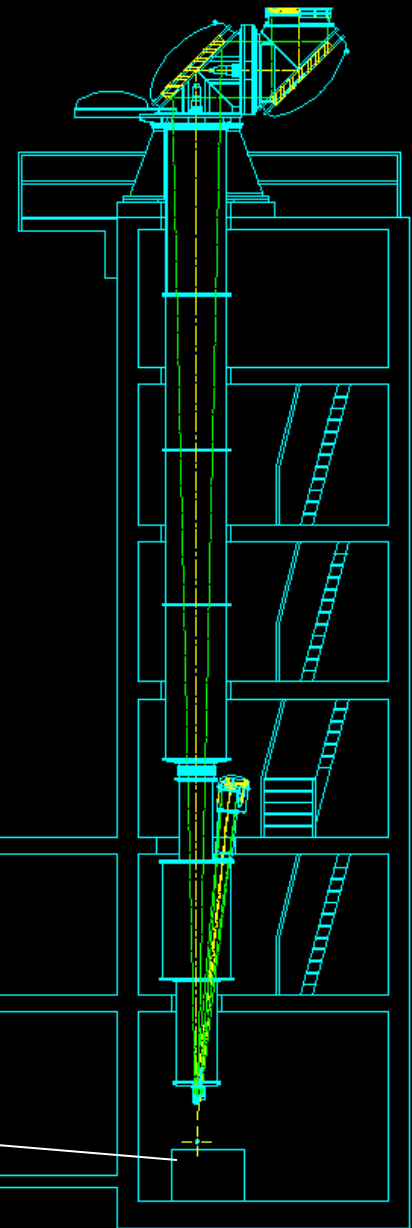


**THEMIS**, Tenerife,  $D = 0,9\text{ m}$ ,  
reflektor, v ose, uzavřená konstrukce plněná  
héliem, dokončen 1996, spektropolarimetrie



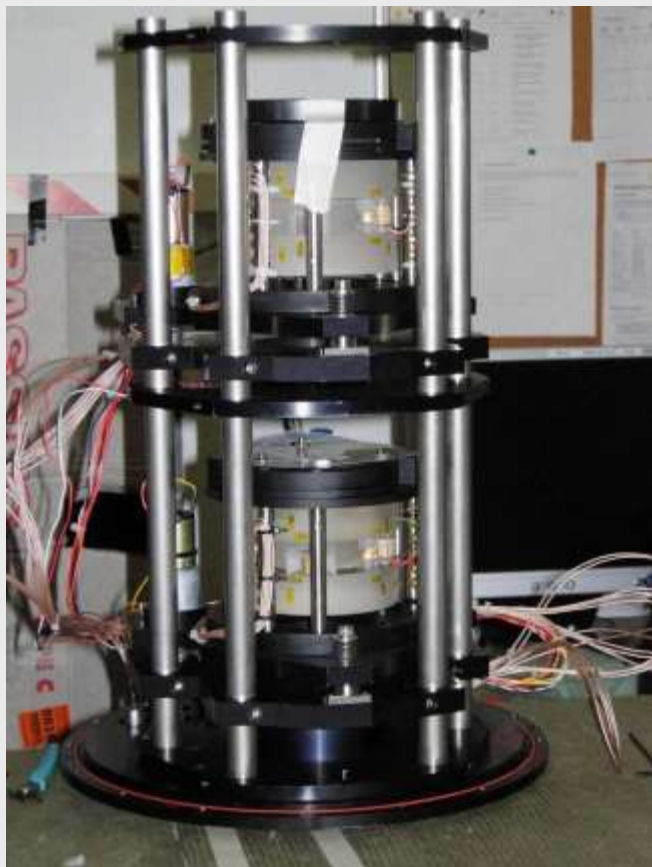


SST (Swedish Solar Telescope), La Palma, refraktor,  $D = 1\text{ m}$ , 2002, vakuová konstrukce, v ose. Objektiv je zároveň vstupním oknem. Adaptivní optika.

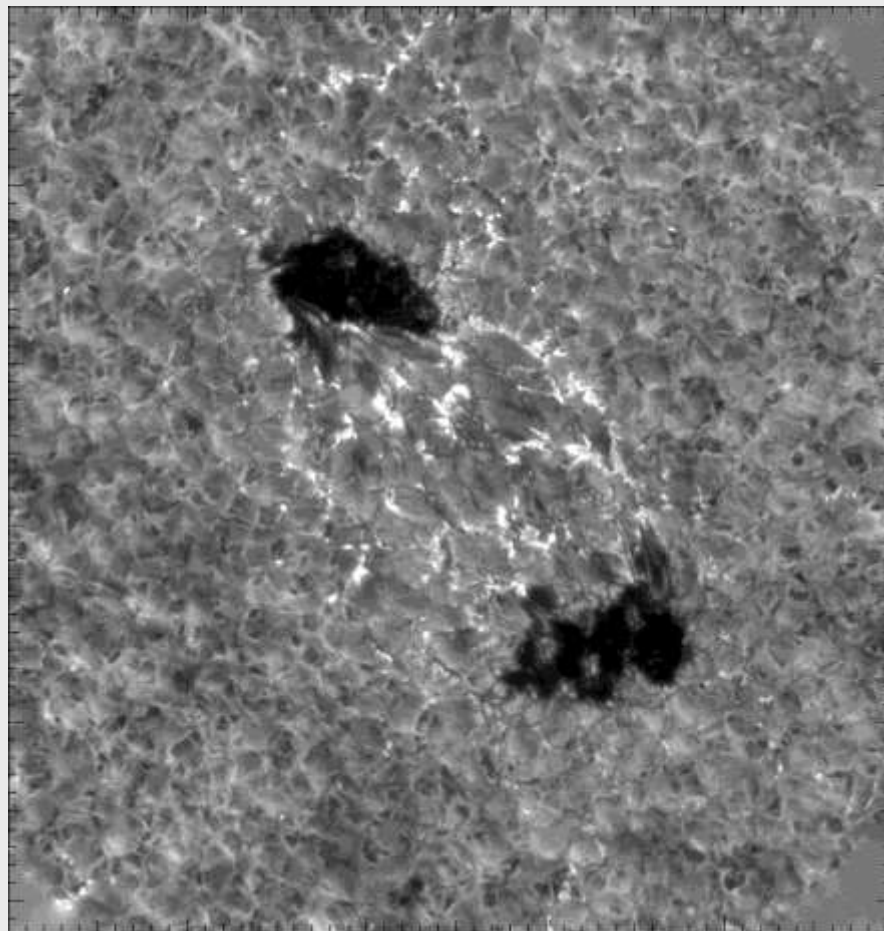


Postfokální zařízení SST:  
Spektrograf a CRISP (2 Fabry-Pérotovy etalony s polarimetrem).

Etalony CRISPU



Fe I 630.15 nm  $-5$  pm





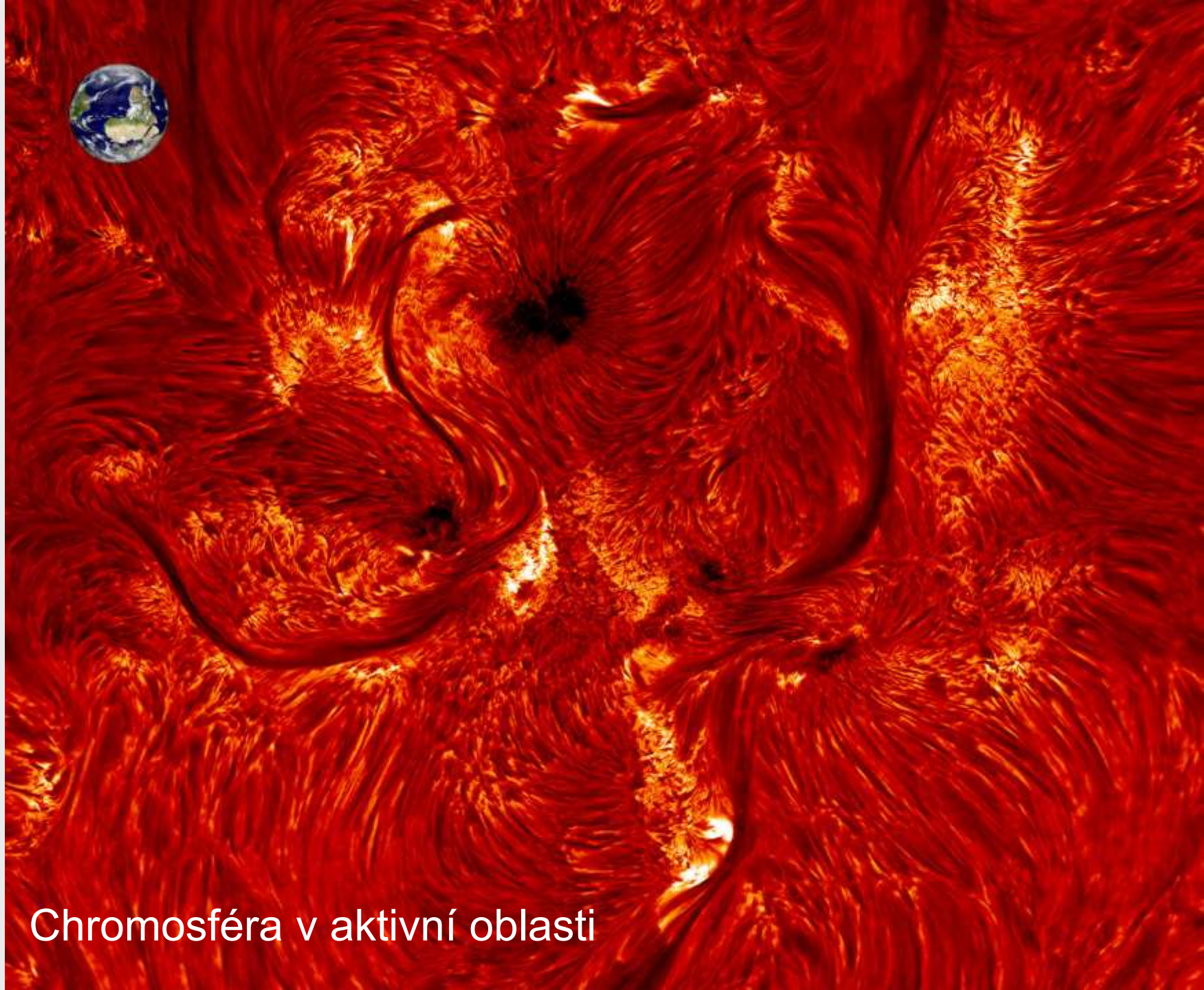
**DOT** (Dutch Open Telescope),  
La Palma,  $D = 0,45 \text{ m}$ , dokončen 1997,  
otevřená konstrukce, v ose, věž 15 m,  
zobrazení v modré oblasti (G),  $H\alpha$ ,  
Ca II H, Ba II 455,4 nm







Chromosféra v aktivní oblasti





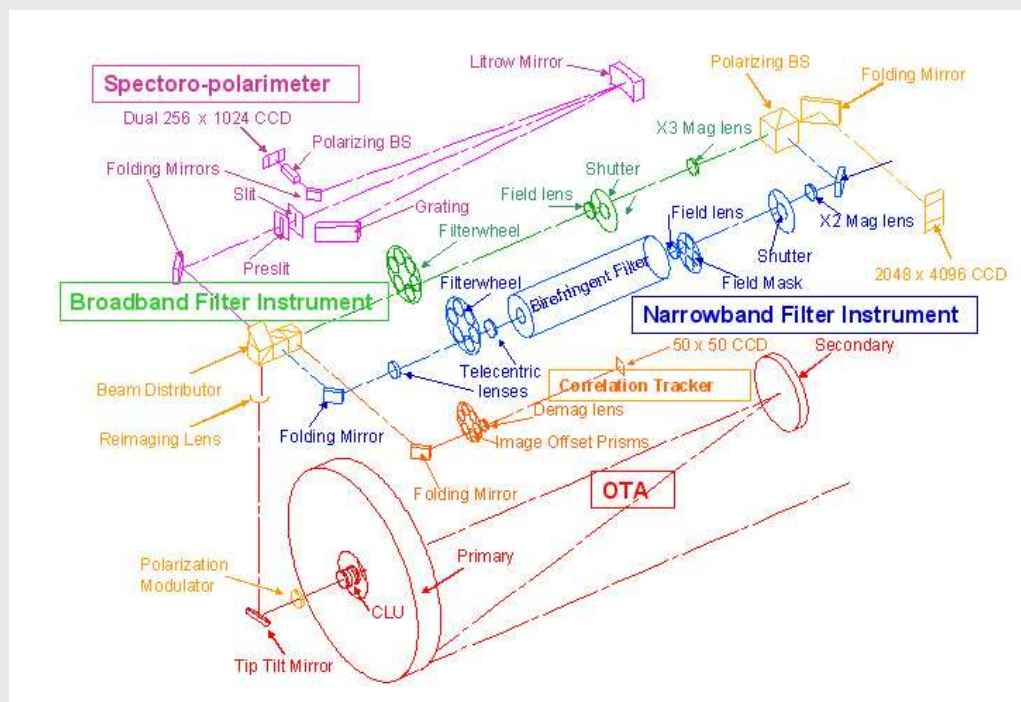
# Nová generace 21. století



# Hinode / SOT

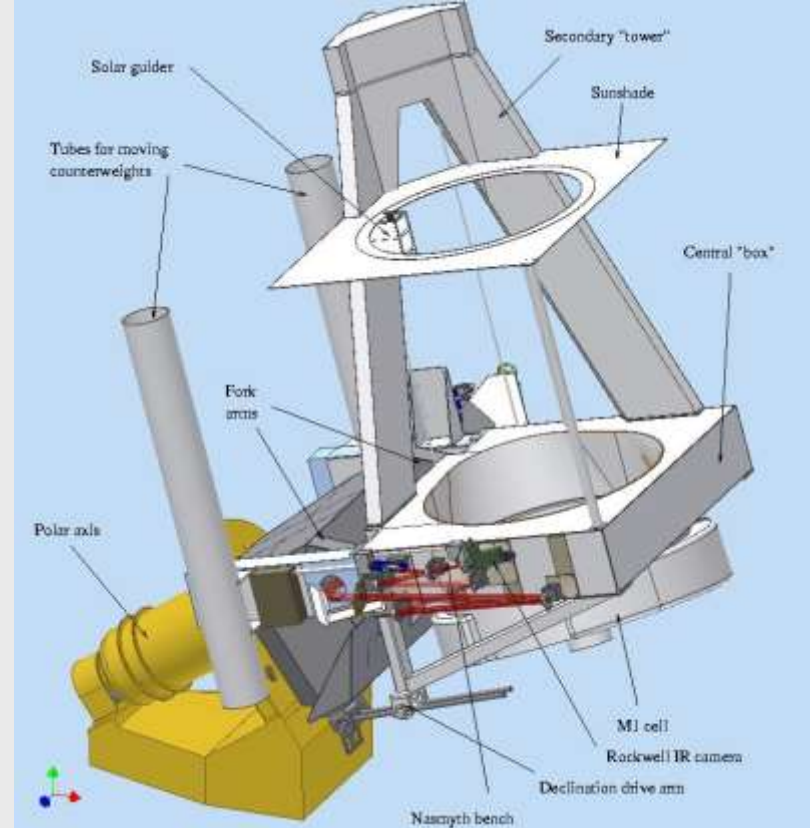
kosmický, optický reflektor,  
vakuový, v ose, vypuštěn 2006

- $D = 0.5$  m, korelátor
- BFI – širokopásmový filtr, 6 pásem o šířkách 0,4–0,8 nm
- NFI – úzkopásmový laditelný filtr, šířka propustnosti 9 pm
- Spektropolarimetr  
skenovací spektrograf  
s vysokou štěrbínou  
pracující v čarách  
Fe I 630,2 a 630,3 nm,  
rozlišení 0,3".



# NST (New Solar Telescope)

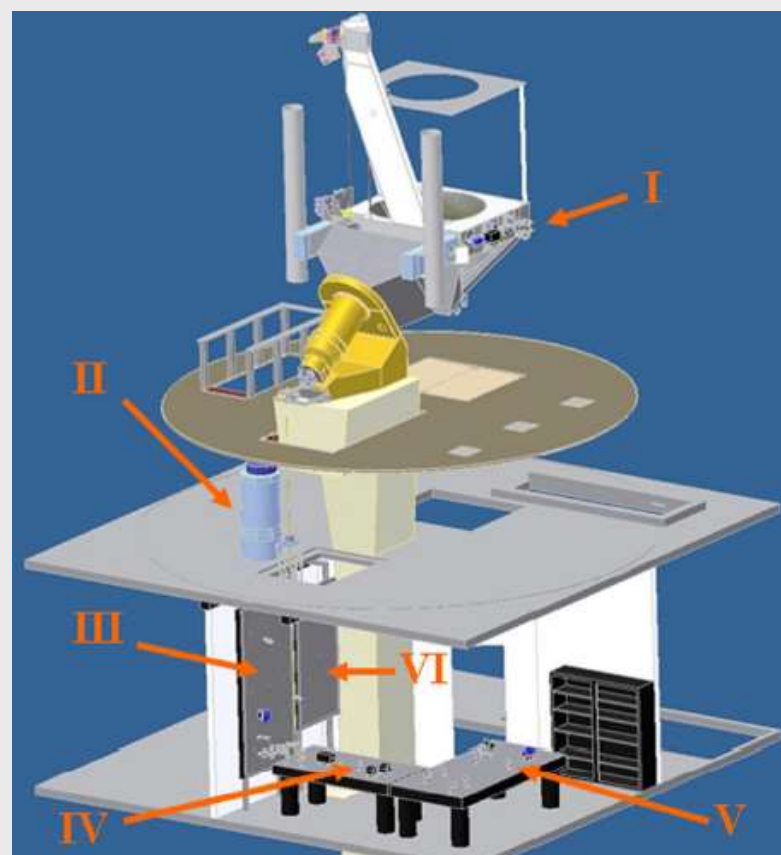
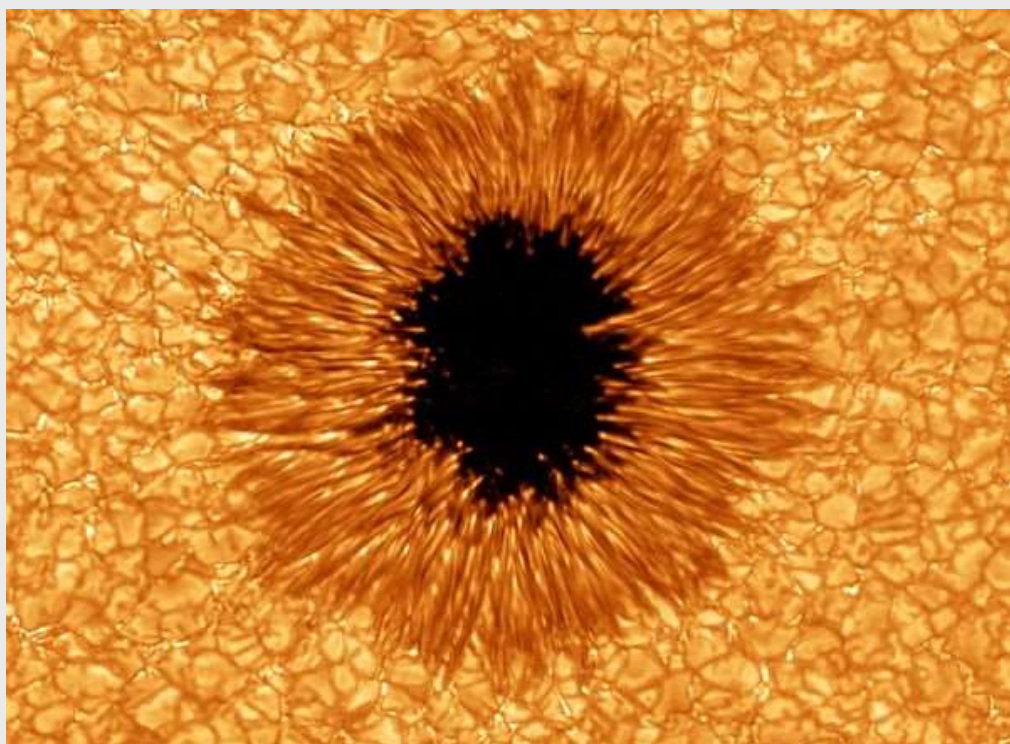
Big Bear (CA), reflektor, otevřený,  
mimo osu,  $D = 1.6$  m, adaptivní  
optika, dokončen 2010





Postfokální zařízení NST v coudé ohnisku (III) ještě nejsou v provozu: VIS, IRIM a NIRIS (laditelné filtry a polarimetry pro vizuální a IR oblast), FISS a Cyra (vizuální a IR spektrografy).

Dalekohled zatím slouží k zobrazování v modré a červené části spektra v Nasmythově ohnisku (I).



# GREGOR, Tenerife,

reflektor, otevřený, v ose,  $D = 1,5\text{ m}$   
adaptivní optika, dokončen 2012





Na vývoji a stavbě dalekohledu se podílel i Astronomický ústav AV ČR.

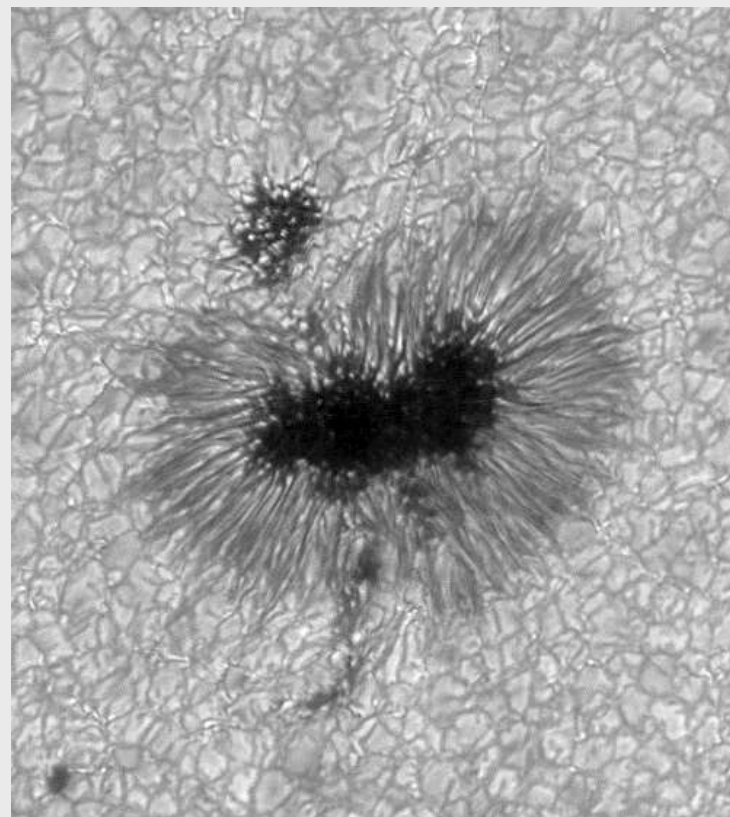
Postfokální zařízení pro GREGOR:

GRIS – spektrograf pro infračervenou oblast

GFPI – úzkopásmový laditelný filtr se 2 FP etalony

Snímek skvrny z 28. 5. 2013 →

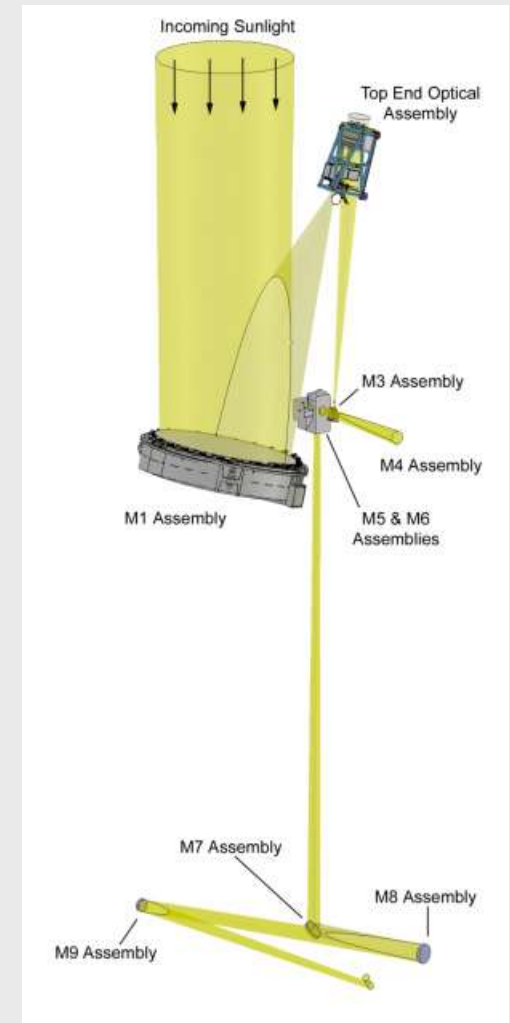
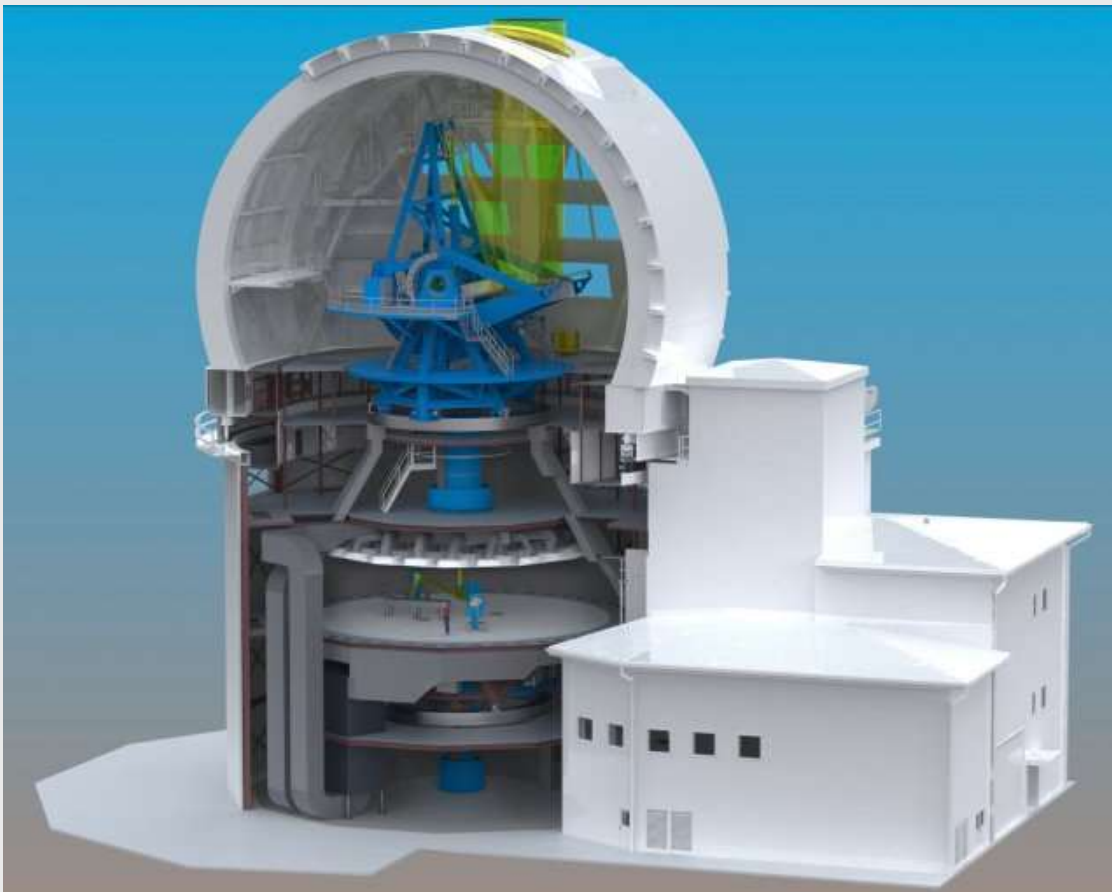
Pozorovací sál, výstup z dalekohledu



# ATST (Advanced Technology Solar Telescope)

Haleakala (HI), reflektor, otevřený, mimo osu, ve stavbě → 2019

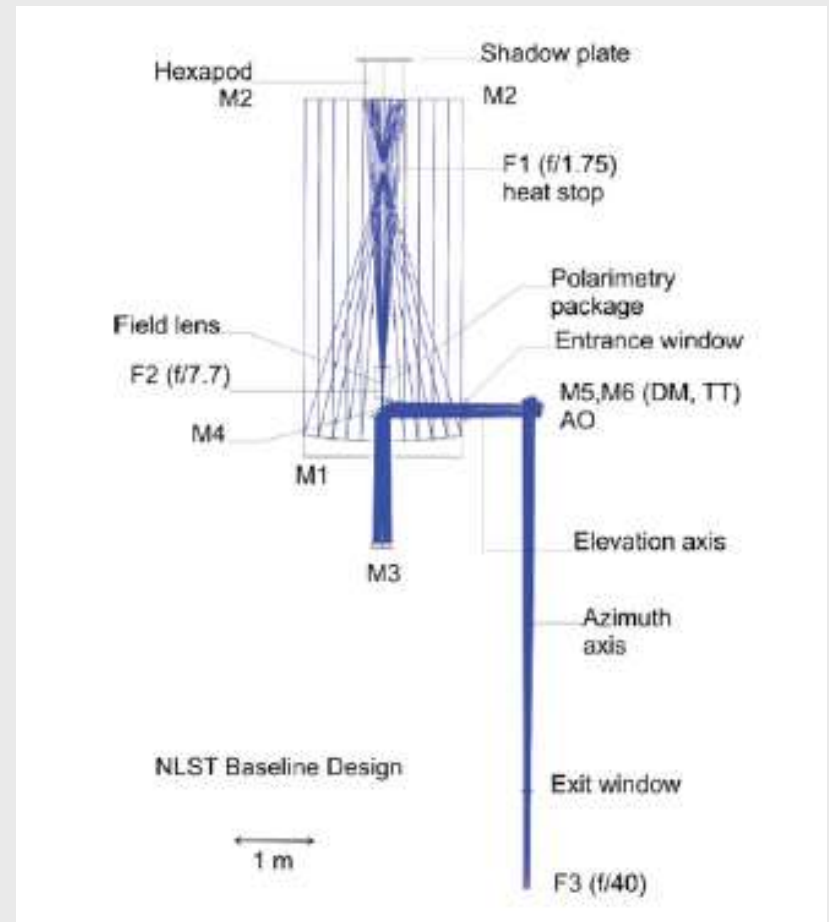
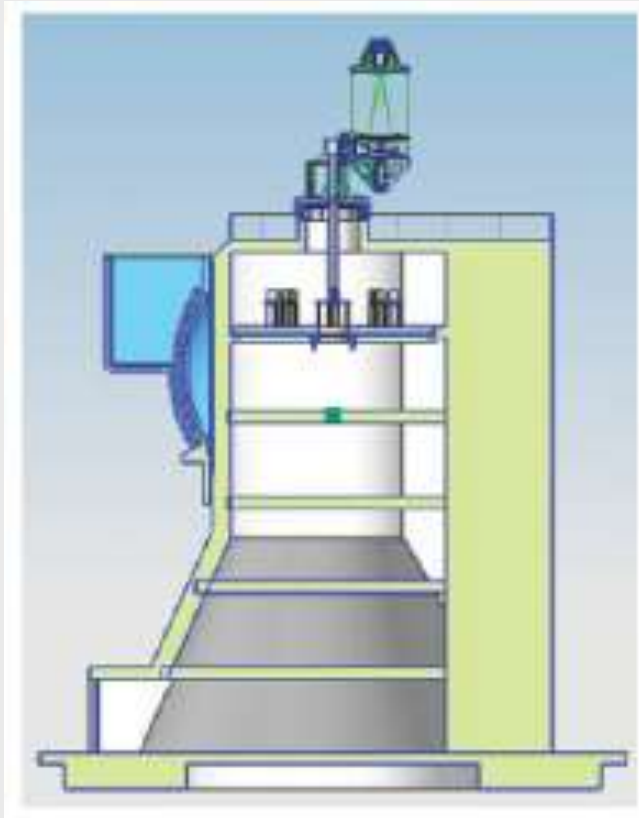
$D = 4,2$  m, adaptivní optika, rozlišení až  $0.025''$  (20 km)  
nízké rozptýlené světlo, viditelná a IR oblast



# NLST (National Large Solar Telescope)

Merak, Indie (Himaláje), reflektor, otevřený, v ose, projekt

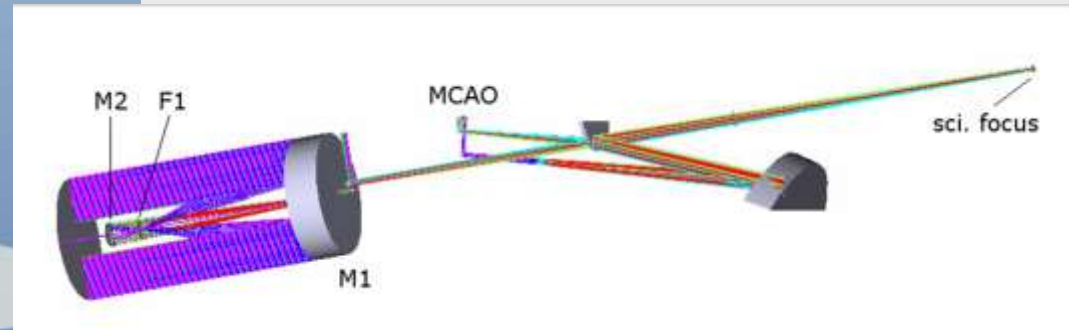
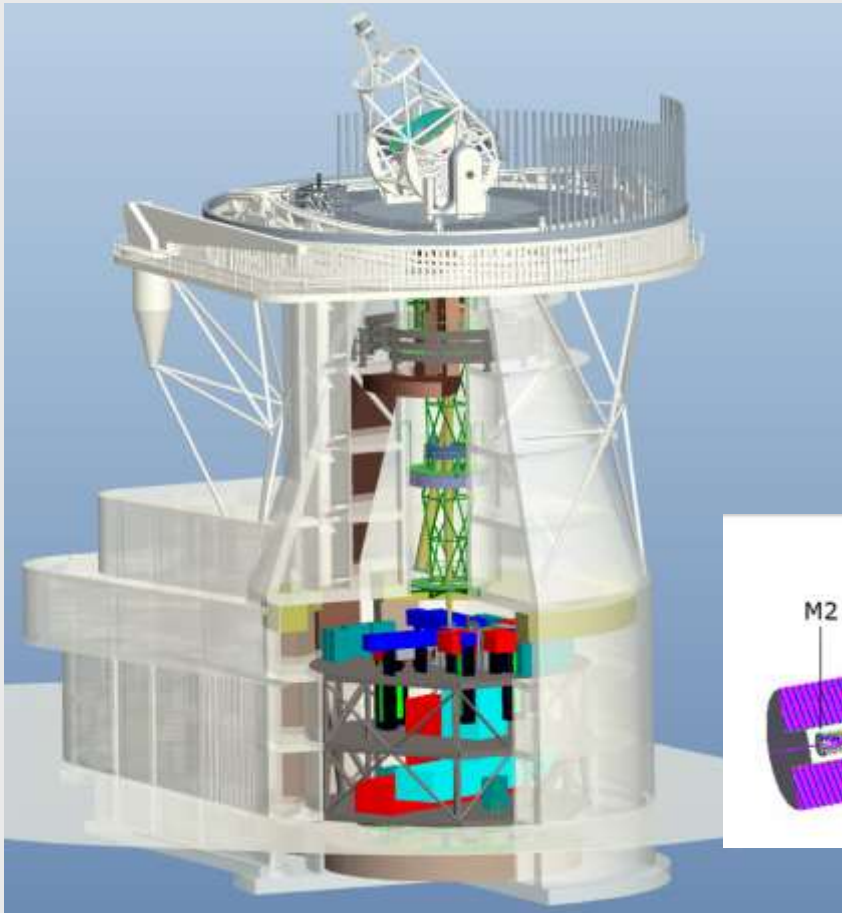
$D = 2$  m, adaptivní optika, vysoká polarimetrická přesnost



# EST (European Solar Telescope)

Kanárské ostrovy, reflektor, otevřený, v ose, projekt

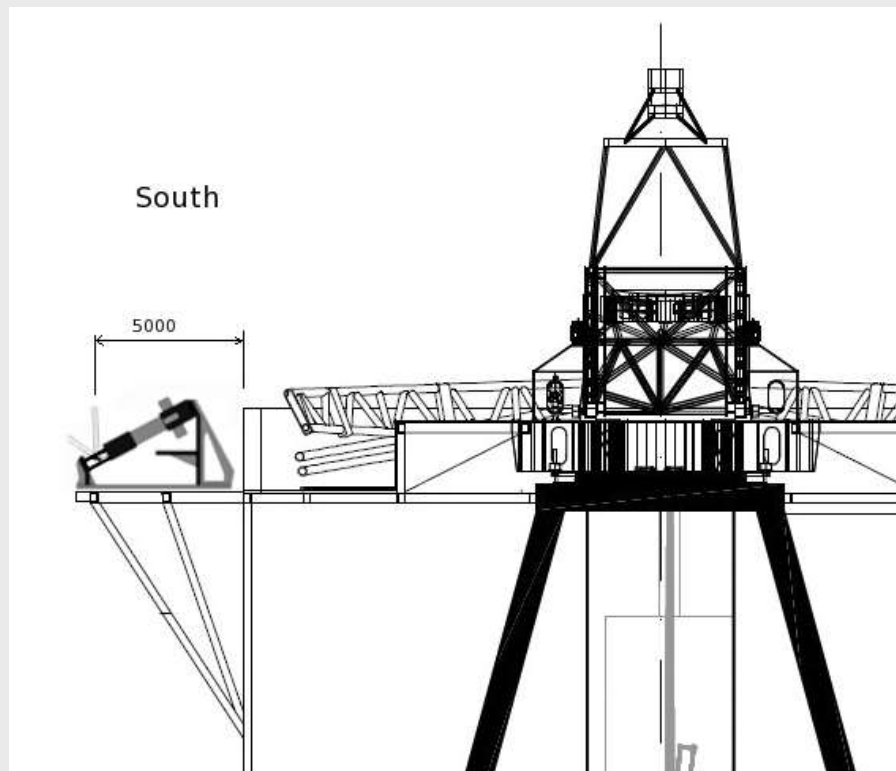
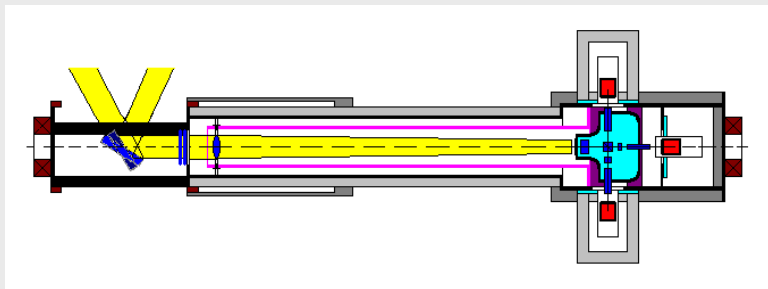
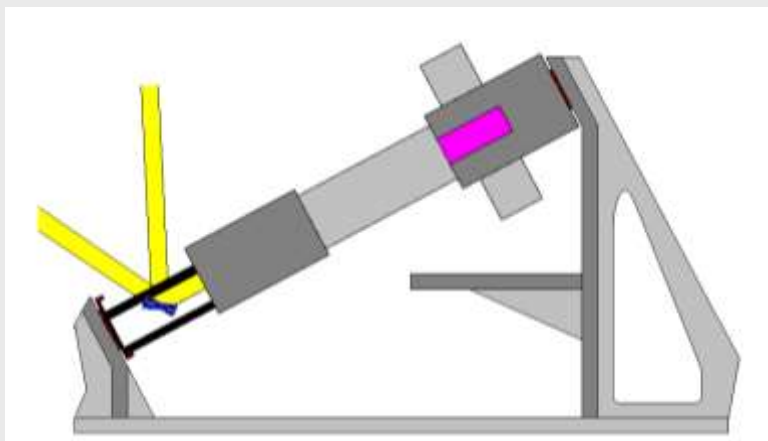
$D = 4\text{ m}$ , adaptivní optika, vysoká polarimetrická přesnost, pozorování v mnoha vlnových délkách zároveň (viditelná a IR oblast).





## Naše účast v projektu EST:

AFDT (Auxiliary Full-Disc Telescope) je  $D=15$  cm celodiskový dalekohled, navržený ve spolupráci AsÚ AV ČR, Ondřejov, a Odd. optické diagnostiky ÚFP AV ČR, Turnov. Bude sloužit jako synoptický dalekohled a „hledáček“.







**Děkuji za pozornost**