

# Velké dalekohledy světa

## Petr Kulhánek, Pavel Břichnáč

*Říká se, že člověk vzhlížel k obloze odpradáвна. Nevím, co dělali lovci mamutů, myslím, že spíše lovíli mamuty a hvězdné nebe je zajímalo jen okrajově, ale jedno je jisté. Dalekohled byl poprvé použit k pozorování oblohy v 17. století; jedním z prvních pozorovatelů byl Galileo Galilei. Objevil několik kráterů na Měsíci, 4 měsíce Jupitera (Io, Europa, Ganymedes, Callisto) a sledoval Mléčnou dráhu. Od té doby uplynulo neuvěřitelné množství času. Dalekohledy dnes vypadají úplně jinak a nad jejich možnostmi se tají dech. V tomto článku navštívíme 9 největších konvenčních dalekohledů světa, největší kapalný dalekohled NODO, největší dalekohled na oběžné dráze HST, největší radioteleskopy a dvě největší interferometrické soustavy radioteleskopů VLA a VLBA.*

### Mauna Kea – hora snů

Hora Mauna Kea na Havajských ostrovech se v průběhu let stala nejslavnější astronomickou horou v dějinách. Její výška přesahuje 4000 m, je obklopena ze všech stran oceánem a je známa mimořádně stabilními podmínkami pro pozorování. V této lokalitě je 65 % jasných nocí v roce, průměrná vlhkost jen 40%, teplota se pohybuje mezi -5 °C a +10 °C a průměrná rychlost větru je kolem 7 m/s. Tyto ideální pozorovací podmínky využívá více jak desítky velkých dalekohledů, které patří významným světovým astronomickým institucím. Právě zde je umístěna většina největších dalekohledů světa. Na druhé místo se svými pozorovacími podmínkami řadí chilské Andy.

### Keckův dalekohled

Největší optický a infračervený dalekohled na světě. Jde o dva desetimetrové dalekohledy postavené na hoře Mauna Kea na Havajských ostrovech v nadmořské výšce 4123 m. Každý dalekohled váží 300 tun a přitom je schopen natočení s velmi vysokou přesností. Zrcadla mají v průměru 10 metrů a jsou složena z 36 šestiúhelníkových segmentů. Dalekohled je pojmenován podle W. M. Kecka. Práci dalekohledu řídí universita CALTECH (California Institute of Technology), Kalifornská Universita (University of California) a NASA (National Aeronautics and Space Administration). První zrcadlo bylo zprovozněno v roce 1993, druhé v roce 1996.



Hora Mauna Kea

K základním přístrojům dalekohledu patří:

- **Hires** – soustava filtrů, čoček a dalších optických prvků vážící 8 tun, rozdělí přicházející světlo na barevné složky a proměřuje jejich intenzitu v několika tisících kanálech v rozsahu 0,3 až 1,1 mikrometru. Světlo končí na CCD detektoru 2048 × 2048 pixely.
- **LRIS** (Low Resolution Imaging Spectrograph) – spektrograf schopný proměřovat spektra až 30 objektů současně v poli 6 × 8 obloukových minut.
- **NIRC** (Near Infrared Camera) – chlazená kamera pro blízký IR obor, používá se pro studium vzniku a vývoje galaxií a k vyhledávání protogalaxií. V naší Galaxii slouží ke sledování málo svítících protohvězd.
- **LWS** (Long Wavelength Spectrograph) – spektrograf pro atmosférická okna v oboru 5–27 mikrometrů.

Tak jako většina velkých dalekohledů je i Keckův dalekohled vybaven systémem adaptivní optiky. Jde o opticko-mechanický systém, který sleduje poruchy atmosféry pomocí světla přicházejícího z hvězd a kompenzuje je velmi rychlými deformacemi malého zrcátka umístěného před detektorem. Odstraní se tak většina vad souvisejících s pohyby v horních vrstvách atmosféry.

Fotografie z Keckova dalekohledu jsou známy mimořádnou kvalitou. V poslední době bylo do pozorovacího programu zařazeno pozorování centra Galaxie v IR oboru. Kolem radiového zdroje Sgr A (pravděpodobně obří černá díra v centru Galaxie) byl pozorován pohyb asi stovky hvězd v rozlišení 0,05". Tohoto mimořádného rozlišení bylo dosaženo počítačovým zpracováním několika tisíc snímků v IR oboru.

### VLT (Very Large Telescope Interferometry Array)

Největší spojená soustava dalekohledů na světě je stavěna na hoře Cerro Paranal v severní Chile ve střední části Atacamské

#### Doc. RNDr. Petr Kulhánek, CSc. (\*1959)

vystudoval MFF UK, obor teoretická fyzika, v současné době se zabývá fyzikou plazmatu na katedře FEL ČVUT.

**Pavel Břichnáč (\*1980)** je studentem FEL ČVUT. Pracuje jako pomocná vědecká síla na katedře fyziky a pomáhá s provozem astronomického serveru [www.aldebaran.cz](http://www.aldebaran.cz).



Pohled na oba Keckovy dalekohledy

pouště v nadmořské výšce 2635 m. Systavu dalekohledů řídí Evropská jižní observatoř (ESO), základem jsou čtyři dalekohledy o průměru zrcadel 8,2 metru, které jsou doplněny třemi 1,8 metrovými dalekohledy. V roce 2002 přibude 2,5 metrový dalekohled VST a v roce 2004 čtyřmetrový dalekohled VISTA. Dokončení projektu se očekává v roce 2005.

Čtveřice hlavních dalekohledů může nyní pracovat samostatně, v budoucnosti bude možná práce v kombinovaném režimu. Sběrná plocha každého zrcadla je 53 metrů čtverečních. V kombinovaném modu se dalekohledy budou chovat jako jeden přístroj o průměru 16 m a budou tvořit interferometr o základně 200 metrů s rozlišovací schopností v tisícinách obloukové vteřiny. Použitelné vlnové délky světla jsou od asi 25 mikrometrů až po blízký obor UV.

Hlavní dalekohledy mají jména Antú (1998), Kueyen (1999), Melipal (2000), Yepun (2001). Jména pocházejí z Mapuštiny a znamenají postupně Slunce, Měsíc, Jižní kříž a Venuše. Původně se dalekohledy označovaly UT1, UT2, UT3 a UT4. Každý z dalekohledů využívá tři ohniska (Nasmyth, Coudé, Cassegrain), do kterých lze umístit řadu přístrojů.

Optický systém dalekohledů je typu Ritchey-Chrétien. Rozlišovací schopnost je 0,18" a se systémem adaptivní optiky je pod hranicí 0,05". Kromě systému adaptivní optiky jsou primární zrcadla vybavena systémem aktivní optiky. Tenké primární zrcadlo je ohebné a lze aktivně měnit jeho

zakřivení pomocí počítačových povelů podpůrnému systému. Povely jsou vydávány na základě monitoringu kvality obrazu referenční hvězdy.

Pozorování z VLT v poslední době například vhodně doplnila pozorování RTG družice Chandra, dalekohledy sledovaly supermasivní černou díru ve zdroji Cen A, sledovaly anomálie trpasličích hvězd v kulových hvězdokupách a pořídily mimořádně kvalitní snímky stovek objektů.

### HET (Hobby-Robert E. Eberly Telescope)

HET je nepohyblivý dalekohled pracující v optickém oboru, určený zejména pro spektroskopii. Je umístěn na hoře Mount Fowlkes v Texasu na McDonaldově observatoři v nadmořské výšce 2072 m. Do

provozu byl uveden v roce 1997. Náklady na stavbu činily 14 milionů dolarů, ale v této ceně není zahrnuta výbava. Primární zrcadlo je segmentované a má rozměry 10 × 11 m.

Zajímavé je nepohyblivé uspořádání dalekohledu. Primární zrcadlo je během pozorování pevně uchyceno. Navádění je zprostředkováno pohybem sekundárního zrcadla, které se může natočit až o 12 stupňů od své osy. Sledovací zařízení umožňuje pohyb v šesti osách. Dalekohled je schopen pozorovat část oblohy, která je 55 stupňů nad horizontem. Tento rozsah umožňuje pozorovat 70 % oblohy viditelné z McDonaldovy observatoře. Celý dalekohled se otáčí o 360 stupňů na bezmála metrovém ložisku bez viditelných vibrací. Spektroskopie v nízkém rozlišení se provádí přímo v primárním ohnisku. Spektrogramy se pořizují na základně, která je umístěna pod dalekohledem.

Primární zrcadlo se skládá 91 vyměnitelných segmentů poskládaných do šestiúhelníku o velikosti 11 × 10 metrů. Tyto segmenty (a celé primární zrcadlo) mají kulovou odraznou plochu s přesností lepší než 1/15 vlnové délky. Jsou zhotoveny ze slitiny Zerodur, jejich tloušťka je 50 mm, mají šestiúhelníkový tvar. Každý segment je počítačově ovládan pomocí tří naváděcích servomotorků, které pracují s přesností na mikrometry. Celkem jich je 273. Primární ohnisko je ve vzdálenosti 13 metrů a sbírá světlo ze zrcadla s celkovou plochou 77,6 m<sup>2</sup>. Užitečný průměr dalekohledu je 9,2 m, celková hmotnost 80 tun. Dalekohledem lze dosáhnout rozlišení 0,6".

Tabulka – přehled největších dalekohledů světa

Přístroj	Počet	Zrcadlo	Typ zrcadla	Obor	Poznámka
Keck	2	10 m	segmentované	IR, V	
VLT	4	8,2 m	segmentované	IR, V, UV	zatím odděleně
HET	1	10 × 11 m	segmentované	IR, V	
SALT	1	10 × 11 m	segmentované	IR, V	stavba
GTC/ORM	1	10,4 m	segmentované	IR, V	stavba
LBT	2	8,4 m	celistvé	IR, V	stavba
Subaru	1	8,3 m	celistvé	IR, V	
Gemini	2	8,1 m	celistvé	IR, V	
Magellan	2	6,5 m	celistvé	IR, V	zatím Magellan I
NODO	1	3 m	tekuté!	IR, V	
HST	1	2,5	celistvé	IR, V, UV	na oběžné dráze
Arecibo	1	304 m	radioteleskop	R	nepohyblivý
VLA	27	25 m	radioteleskop	R	základna 36 km
VLBA	10	25 m	radioteleskop	R	základna 8600 km



Čtveřice dalekohledů VLT

Kopule je kulová a má v průměru necelých 30 metrů. Celková výška hliníkové budovy je asi 33 metrů. Ventilační systém budovy je schopen vyměnit vzduch 20 krát za hodinu. Je zde 225 m<sup>2</sup> plochy s řídicí technikou. Budova George T. Abella (asi 90 m<sup>2</sup>) slouží veřejnosti.

K základním přístrojům dalekohledu patří:

- **LRS** (Low-Resolution Spectrograph) – spektrograf s nízkým rozlišením,
- **MRS** (Medium-Resolution Spectrograph) – spektrograf se středním rozlišením,
- **HRS** (High-Resolution Spectrograph) – spektrograf s vysokým rozlišením.

### SALT (Southern African Large Telescope)

SALT bude jediný samostatný velký dalekohled pracující v opticko-infračerveném oboru na jižní polokouli. Půjde o dalekohled konstrukčně téměř shodný s dalekohledem HET. Primární zrcadlo bude nepohyblivé a bude složeno z 91 segmentů do útvaru o rozměrech 11 × 10 m se sběrnou plochou 77,6 m<sup>2</sup>. Dokončení stavby dalekohledu je plánováno na rok 2003. Hmotnost dalekohledu bude 82 tun, výška 13 metrů. Dalekohled bude schopen zachytit světlo ve vlnovém rozsahu 340 nm až 2500 nm. Dalekohled se otáčí kolem své osy na osmi nosnících, na cíl ho lze zaměřit s přesností větší než 3 mikrometry. Sledovací zařízení má volnost pohybu jen 10° a dalekohled tak může sledovat cíl jen po dobu asi 2,5 hodiny. Doba zaměření dalšího objektu je kratší než 5 minut.

Primární zrcadlo je složeno z 91 šestiúhelníkových segmentů, každý je jeden metr široký (měří se šířka dvou rovnoběžných stran) a 50 mm tlustý. Největší průměr zrcadla je 11 m. Přesnost zpracová-

ní povrchu zrcadla je 52 nanometrů, vyleštěno na 50 nm. Zorné pole dalekohledu je 8 úhlových minut (1/4 velikosti Měsíce). Předpokládaná rozlišovací schopnost je 0,25 úhlové vteřiny. Zrcadlo je drženo pomocí 1747 nosníků, které jsou upevněny v 383 držácích.

Kopule dalekohledu má kulový tvar, budova je vysoká 28 metrů. Důmyslná ventilace zajišťuje cirkulaci vzduchu a teplotu stejnou při denním i nočním pozorování. Řídicí budova, pracovny a laboratoře jsou tepelně odizolovány od hlavní budovy.

### GTC/ORM (Grand Telescope Canaria / Observatorio del Roque de los Muchachos)

Další obří optický a infračervený dalekohled ve výstavbě. Jedná se o ryze španělský dalekohled, který bude umístěn v blízkosti La Palma na Kanárských ostrovech. Primární zrcadlo bude složeno ze segmentů a bude mít průměr 10,2 m. Dalekohled má být uveden do provozu na přelomu let 2002 a 2003. Ke kompenzaci vlivu atmosféry bude použit systém adaptivní optiky, předpokládaná rozlišovací schopnost je 0,18".

### LBT (Large Binocular Telescope)

Italský dalekohled, který je právě ve výstavbě. Po dokončení se stane dalekohledem s největším celistvým zrcadlem na světě. Samotný dalekohled je vyráběn v Itálii, v polovině roku 2001 dojde k transportu dalekohledu do Arizony, kde již byla koncem roku 2000 dokončena stavba budovy v blízkosti městečka Safford. Dalekohled se stane součástí observatoře MGIO (Mt. Graham International Observatory).

Dalekohled bude mít dvě zrcadla o průměru 8,4 m, celkový efektivní průměr obou zrcadel činí 11,8 m. Díky binokulárnímu uspořádání by kvalita obrazu měla odpovídat jednomu dalekohledu o průměru 22,8 m. Zrcadla jsou odlévána ve specializované laboratoři University of Arizona Steward Observatory Mirror Lab přímo v Arizoně.

Stavby dalekohledu se účastní 14 astronomických institucí z Itálie, Arizony, Německa a USA. První světlo by dalekohledem mělo projít na jaře roku 2003, v roce 2004 bude uvedeno do provozu druhé primární zrcadlo.

### Subaru

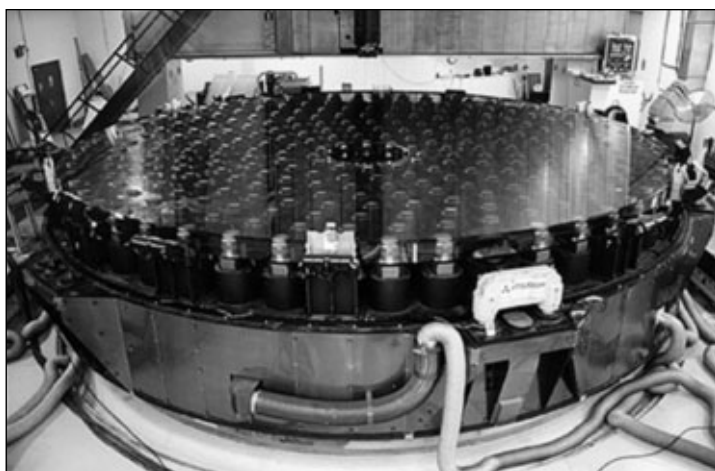
Subaru je další z velkých dalekohledů, které byly vybudovány na hoře Mauna Kea v nadmořské výšce 4100 m. Jde o japonský dalekohled s největším celistvým zrcadlem na světě (průměr 8,3 metru), který byl uveden do provozu v roce 1999 a pracuje v optickém a v infračerveném oboru spektra.

Primární zrcadlo má průměr 8,3 metru a centrální otvor o průměru 1,2 metru. Efektivní průměr je 8,2 metru. Tloušťka zrcadla je pouhých 20 centimetrů. Aby se nezlomilo, musí ho podepírat celá soustava počítačově řízených servomotorků. Zrcadlo je vyrobeno ze speciálního skla s minimální teplotní roztažností. Hmotnost zrcadla je 22,8 tuny, ohnisková vzdálenost 15 metrů. Přesnost vybroušení povrchu zrcadla je 14 nanometrů.

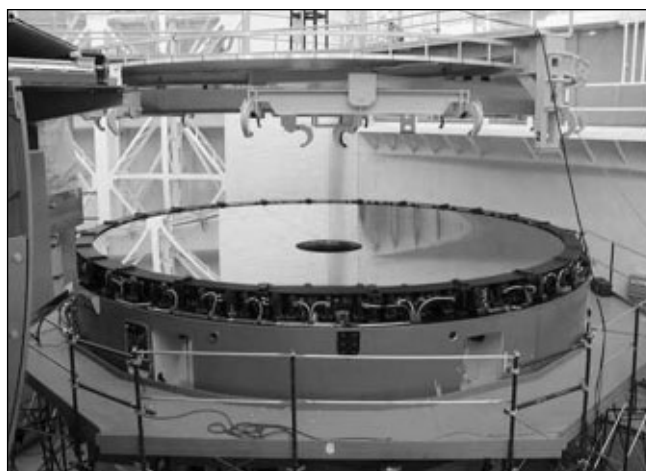
Dalekohled má azimutální montáž, celková výška dalekohledu je 22,2 m, maximální šířka činí 27,2 m. Dalekohled váží 555 tun. Dalekohled se může pohybovat maximální rychlostí 0,5 stupně za sekundu, otočení dalekohledu kolem dokola nejvyšší možnou rychlostí by proto trvalo celých 12 minut. Přesnost navádění dalekohledu je 0,1", nejmenší úhlové rozlišení 0,2". Navádění zajišťuje speciálně vyvinutý magnetický systém. Pomocí systému adaptivní



Pohled na segmentované zrcadlo dalekohledu HET



Zrcadlo dalekohledu Subaru před pokovením



Zrcadlo dalekohledu Gemini S

optiky lze rozlišení zvýšit až na 0,06". Dalekohled má 4 ohniska (primární ohnisko, optické Nasmythovo ohnisko, infračervené Nasmythovo ohnisko a Cassegrainovo ohnisko), do kterých lze umístit 7 pozorovacích přístrojů.

Budova dalekohledu leží v nadmořské výšce 4139 m, jde o válcovou budovu s průměrem 40 m a výškou 43 m. Vnější obal budovy je z hliníkových panelů, hmotnost budovy je asi 2000 tun. Budova je navržena tak, aby byly potlačeny lokální turbulence vzduchu, atmosférické turbulence pak vyrovnává systém adaptivní optiky.

K základním přístrojům dalekohledu patří:

- **IRCS** (Infrared Camera and Spectrograph) – IR kamera a spektrograf s vysokým úhlovým rozlišením, využívá systém adaptivní optiky.
- **CIAO** (Coronagraphic Imager with Adaptive Optics) – přístroj sloužící k vyhledávání málo jasných objektů v blízkosti jasných objektů, například planet u hvězd. Jasný objekt je zakryt, přístroj využívá systém adaptivní optiky.
- **COMICS** (Cooled Mid Infrared Camera and Spectrometer) – IR kamera a spektrometr pro obor 10 až 20 mikrometrů. Slouží ke zkoumání vzniku planetárních systémů a prachových částic v mezihvězdném prostředí.
- **FOCAS** (Faint Object Camera And Spectrograph) – slouží pro citlivá optická pozorování a pořízení spekter až 100 objektů naráz.
- **Suprime-Cam** (Subaru Prime Focus Camera) – digitální kamera využívající 30

CCD matic 4096 × 2048. Zorné pole 30 obloukových minut.

- **HDS** (High Dispersion Spectrograph) – spektrograf, který rozloží světlo na barvy s přesností 1:100 000.
- **OHS** (OH Airglow Suppression Spectrograph) – spektrograf potlačující záření čar OH z horních vrstev atmosféry v IR oboru.
- **AO** (Adaptive Optics) – systém adaptivní optiky, který kompenzuje turbulence atmosféry a zvýší rozlišovací schopnost z 0,2" na 0,06".

### Gemini

Dvě observatoře se zrcadly o průměru 8,1 m. Na severní polokouli je Gemini N (Mauna Kea, Havaj, 4100 m) a na jižní polokouli Gemini S (Cerro Pachón, Chile, 2737 m). Oba dalekohledy byly uvedeny do provozu v roce 2000 a využívají tak jako všechny současné velké dalekohledy systém adaptivní optiky.

Primární zrcadlo má průměr 8,1 metru s centrálním otvorem o průměru 1,18 metru. Tloušťka zrcadla je 20 cm, optická plocha má tvar hyperboloidu s přesností 16 nanometrů. Zrcadla byla leštěna ve Francii u firmy REOSC, ohniskovou vzdálenost mají 14,4 m, se sekundárním zrcadlem se prodlouží na 128 m (jde o optický systém Ritchey-Chrétien). Zrcadlo váží 22 tun.

První snímky s dalekohledem Gemini N (Mauna Kea, Havaj) byly pořízeny v červenci a v srpnu 2000. Fotografováno bylo centrum naší Galaxie, v zorném poli snímku bylo pouhých 5 světelných let. Zvláště působivý je pohled na hvězdokupu

Arches v samém centru Galaxie. Snímky byly pořízeny na vlnových délkách 1,65 a 2,1 mikrometru. První snímky z Gemini S (Cerro Pachón, Chile) byly pořízeny v listopadu 2000. Fotografována byla relativně jasná hvězda Epsilon 2 Eridani.

### Magellan

Dvojice dalekohledů o průměru zrcadel 6,5 metru na jižní polokouli. V tuto chvíli je v provozu jeden z dalekohledů. Dalekohledy budou umístěny v chilských Andách, na observatoři Las Campanas, ve výšce 2300 m. Práci dalekohledu řídí OClW (Observatories of the Carnegie Institution of Washington), projektu se ovšem účastní několik dalších renomovaných universit (MIT, Arizonská, Harvardská a Michiganská universita). Zrcadlo prvního dalekohledu bylo vybroušeno a vyleštěno v laboratoři University of Arizona Steward Mirror Lab a na konci roku 1999 transportováno z Arizony do Chile. Cesta zrcadla trvala 23 dní. V srpnu 2000 byl na místě pokoven povrch zrcadla hliníkem a první světlo prošlo v září 2000. První dalekohled byl pojmenován podle astronoma Waltera Baadeho. Druhý dalekohled je pojmenován podle Landona Claye a první světlo se očekává v roce 2002.

K základním přístrojům dalekohledu Waltera Baadeho patří:

- **IMACS** (Inamori Magellan Areal Camera and Spectrograph) – plošná kamera a spektrograf
- **MagIC** (Magellan Instant Camera) – CCD fotometr vyvinutý v MIT.

### NODO (NASA Orbital Debris Observatory)

Největší dalekohled s tekutým zrcadlem na světě je umístěn v Novém Mexiku v nadmořské výšce 2758 m. Asi pět litrů rtuti rotuje spolu se speciální mísou s frekvencí 6 otáček za sekundu. Vytvoří se tak parabolická odrazivá plocha s velmi dobrými vlastnostmi. Průměr zrcadla činí 3 metry a kvalita obrazu je srovnatelná s běžnými zrcadly. Cena přístroje činila asi 10 % ceny konvenčního přístroje stejných rozměrů. Primární zrcadlo ovšem míří jen do zenitu a nedá se naklánět. Jde o zajímavý experiment NASA. Dnes existuje více přístrojů s tekutými zrcadly (UBC Laval, UCLA a UWO dalekohledy o průměru 2,7 m) a ve stavbě je šestimetrové rtuťové zrcadlo společnosti UBC na speciální parabolické míse s přesností povrchu 100 mikrometrů, které bude umístěno 70 km východně od Vancouveru.

### HST (Hubble Space Telescope)

Dalekohled HST umístěný od roku 1990 na oběžné dráze Země ve výšce 614 km je nejvýkonnějším dalekohledem na světě. Primární zrcadlo má průměr 2,4 m. Jde o společný projekt NASA (National Aeronautics and Space Administration) a ESA (European Space Agency). Na oběžné dráze pracuje bez rušivých vlivů atmosféry. Na Zemi existují větší systémy, ale s výrazně menším výkonem. Podpůrná optika umožňuje astronomická pozorování v UV, optickém oboru a blízkém IR oboru (od 115 nm do 1 000 nm).

Dalekohled prodělal několik vážných „nemocí“. Ihned po umístění se zjistilo rozostření obrazu způsobené podleštěním

zrcadla o 2 mikrometry. Rozdíl ohniska okrajového a středového paprsku činil celých 38 mm! Závada byla kompenzována nainstalováním korekční techniky. Těleso observatoře se rozkmitávalo v důsledku záchvěvů panelů slunečních baterií, tuto závadu se podařilo odstranit v roce 1991 softwarovým řešením. Zpočátku nefungoval katalog pozičních hvězd, příčinou byla chyba znaménkové konvence v jednom z použitých vzorců pro výpočet, která byla ihned opravena. V roce 1999 dosloužily gyroskopy RSU (Rate Sensing Unit) a dalekohled nebyl použitelný do instalace nových v prosinci 1999.

K dalekohledu jsou vypravovány pravidelné servisní mise, při kterých se provádí údržba a vyměňují přístroje za novější (1993, 1997, 1999).

K základním přístrojům dalekohledu patří:

- **COSTAR** (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) – korekční optika,
- **WFPC2** (Wide Field and Planetary Camera 2) – širokoúhlá kamera v optickém oboru instalovaná v roce 1993,
- **FOC** (Faint Object Camera) – kamera pro slabé objekty,
- **STIS** (Space Telescope Imaging Spectrograph) – spektrograf instalovaný v roce 1997,
- **NICMOS** (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) – kamera a spektrometr pro blízké IR.

Snímky z HST patří k těm nejkrásnějším, které si lze představit. Ať jde o expandující planetární mlhoviny, černé díry, planety či jiné objekty, fotografie vždy překvapí mimořádnou kvalitou. Z význam-

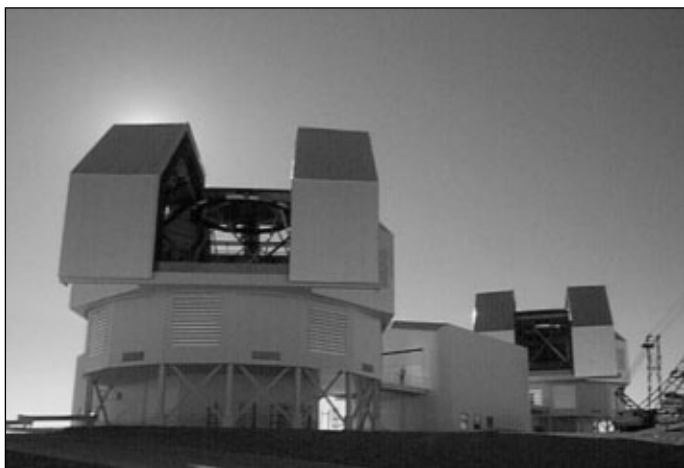


HST – kresba

nějších úspěchů připomeňme například zpřesnění hodnoty Hubbleovy konstanty na základě proměňování svítivosti cefeid v kupě galaxií v souhvězdí Panny. Z měření vyplynula hodnota  $H = (68 \pm 5)$  km/s na megaparsek.

### RATAN-600 (Radio Astronomičeskij Těleskop Akademii Nauk)

Jde o největší radioteleskop na světě postavený v Sovětském svazu. Je složen z 895 anténových prvků o rozměrech  $11,4 \times 2$  m, které vytváří plochu asi 20 000 m<sup>2</sup>. Tato plocha je rozdělena na 4 nezávislé sektory, které mohou pracovat v samostatném i kombinovaném režimu. Teleskop má 6 kabin se sekundárními zrcadly a různými přístroji. Radioteleskop je schopen pracovat jen ve vlnovém rozsahu 1–50 cm. Udávaná rozlišovací schopnost je 2 až 400 obloukových vteřin. Radioteleskop je umístěn v blízkosti vesničky Zelenčukskaja v severním Kavkaze, asi 20 kilometrů od známého šestimetrového optického dalekohledu. První světlo prošlo teleskopem v roce 1974, v roce 1985 bylo přidáno kónické sekundární zrcadlo, které umožňuje pozorování ve všech azimutech.



Kopule dvou dalekohledů Magellan



Obří anténa dalekohledu Arecibo



Antény pole radioteleskopů VLA

### Arecibo

Jde o dlouhá léta největší a nejvýkonnější radioteleskop světa, postavený na ostrově Portoriko, který spravuje Cornellova Univerzita. Průměr antény je 304 metrů, anténa vyplňuje celé údolí. Povrch tvoří 40000 hliníkových desek uspořádaných do kulové plochy s poloměrem křivosti 265 metrů a střední odchylkou 2,2 mm. Dalekohled byl postaven v roce 1963. V roce 1997 proběhla kompletní rekonstrukce dalekohledu. Od roku 1999 se dalekohled proslavil projektem SETI na vyhledávání mimozemských civilizací. Data projektu zpracovávají spořiče monitorů milionů počítačů po celém světě. Frekvenční rozsah dalekohledu je 0,3 až 12 GHz.

K nejvýznamnějším objevů patří nalezení první planety mimo Sluneční soustavu, změření periody rotace Merkuru a objev podvojného pulsaru 1913+16, který vedl na nepřímý objev gravitačních vln.

### VLA (Very Large Array)

Sít 27 radioteleskopů poskládaných do tvaru písmene Y s délkou ramena sítě 36 kilometrů byla postavena ve státě Nové Mexiko na planině Sv. Augustina západně od města Socorro v nadmořské výšce 2124 metrů. Průměr každé antény je 25 m a hmotnost 230 tun. Cena celé sítě byla 80 milionů dolarů. První anténa byla usazena v roce 1971 a poslední v roce 1980. Sít byla uvedena do provozu v roce 1981.

Nejvyšší přijímaná frekvence může být 43 GHz. Vlnový rozsah je od 0,7 cm do 4 m. Rozlišovací schopnost tohoto obřího interferometru je pouhých 0,04 obloukové vteřiny na maximální frekvenci. Antény se mohou pohybovat rychlostí 40° za minutu v azimutu a 20° za minutu ve výškové souřadnici. Signál ze všech radioteleskopů se počítačově skládá do interferenčních map.

Radioteleskopy slouží ke studiu atmosférických jevů, počasí, ke sledování drah družic a k pořizování astronomických snímků ve vysokém rozlišení. Samotná observatoř se nazývá NRAO (National Radio Astronomy Observatory) a jejím provozovatelem je NSF (National Science Foundation).

### VLBA (Very Long Baseline Array)

Sít deseti radioteleskopů na různých místech

světa byla dokončena v roce 1993 nákladem 85 milionů dolarů. Výstavba trvala 7 let. Průměr každé antény je 25 metrů, nejdelší základna činí úctyhodných 8600 km. Provozovatelem stanic je NFS (National Science Foundation) stejně jako tomu je u interferometru VLA.

K nejznámějším radioteleskopům patří radioteleskop na hoře Mauna Kea na Havajských ostrovech nebo radioteleskop postavený na hoře Kitt Peak v Arizoně. Polohy dalších osmi stanic jsou: Owens Valley (Kalifornie), Brewster (Washington), North Liberty (Iowa), Hancock (New Hampshire), Pie Town (New Mexico), Los Alamos (New Mexico), Fort Davis (Texas) a St. Croix (Panenské ostrovy).

Rozlišovací schopnost je 0,001 obloukové vteřiny. Frekvenční rozsah je od 330 MHz to 43 GHz v devíti pásmech. Tomu odpovídají vlnové délky od 7 mm do 90 cm. Soustava je určena především pro pořizování astronomických snímků ve vysokém rozlišení.

## Jiří Drbohlav

### výroba astronomických dalekohledů

– do průměru optiky 600 mm, po dohodě i více –

#### Nabízíme:

- **Zrcadlové soustavy** Newton, Cassegrain, Ritchey-Chrétien
  - **Dobsony** se zrcadlovými hledáčky pro stejnou orientaci obrazu
  - **Čočkové soustavy** achromat, aplanát
- **Zrcadlo čočkové soustavy** hyperbola s korektorem, Maksutov, Maksutov-Cassegrain
  - **Paralaktické montáže**
  - **Zrcadlové teleobjektivy**

Vaše požadavky s námi můžete konzultovat a podílet se na vzniku Vašeho nového dalekohledu a montáže. Po dohodě si mohou zájemci u nás prohlédnout a za jasné noci otestovat naše výrobky. Všechny nabízené výrobky si zákazník osobně přebírá (testuje) společně s výrobcem přímo na hvězdárnách.

#### Informace poskytujeme na adrese:

Jiří Drbohlav

542 33 Rtně v Podkrkonoší 143

Tel.: 0439/787 384

URL: <http://www.volny.cz/modr1>