

TECHNIKI OBSERWACYJNE ORAZ METODY REDUKCJI DANYCH

Arkadiusz Olech, Wojciech Pych

wykład dla doktorantów Centrum
Astronomicznego PAN

luty – maj 2006 r.

SALT i inne olbrzymy

Wykład 3
2006.03.01

Plan wykładu

- Krótka historia wielkich teleskopów astronomicznych
- Charakterystyka SALT
- Instrumenty SALT
 - Optyka aktywna
 - Optyka adaptatywna

Historia

1897 Największy refraktor - Yerkes
Observatory



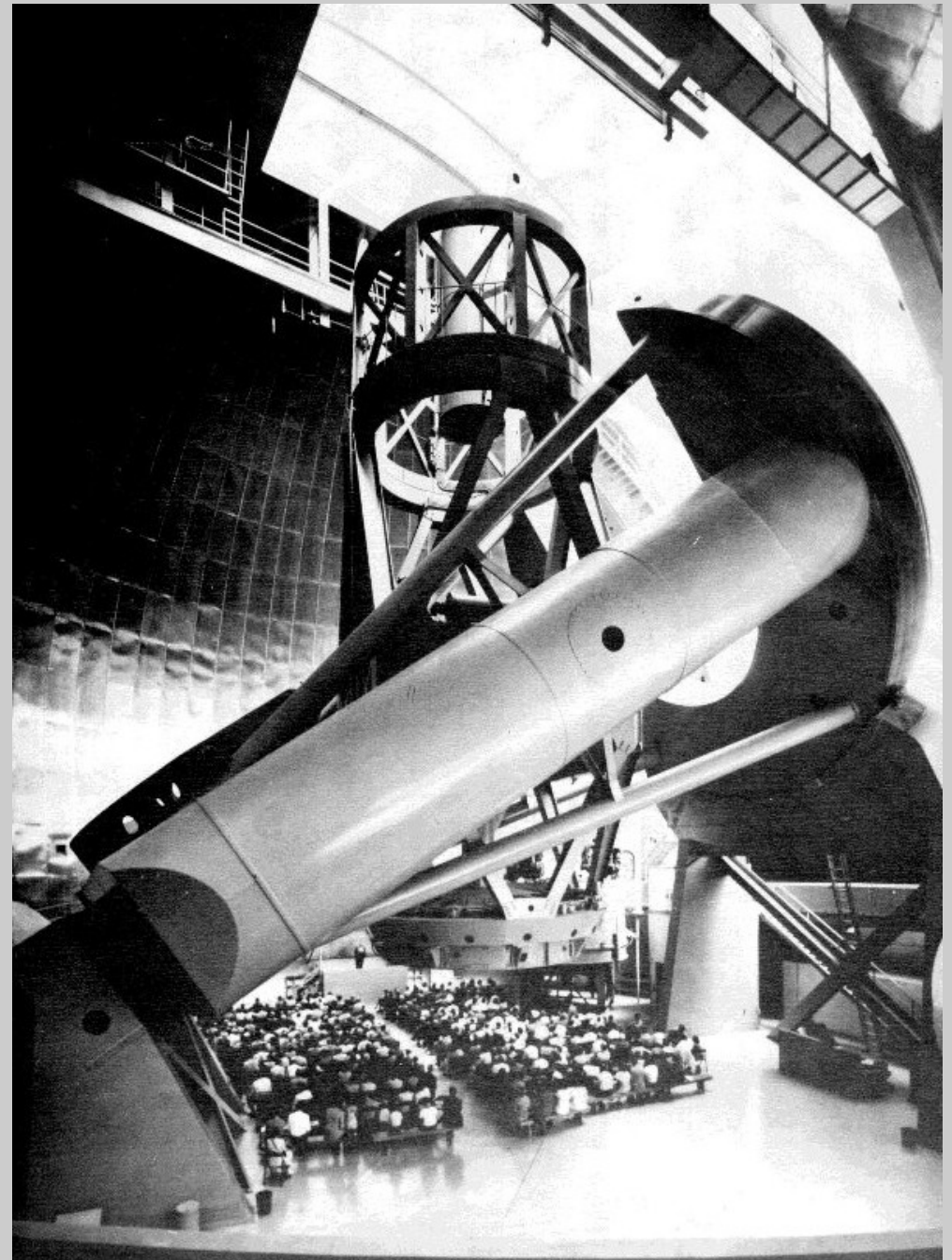
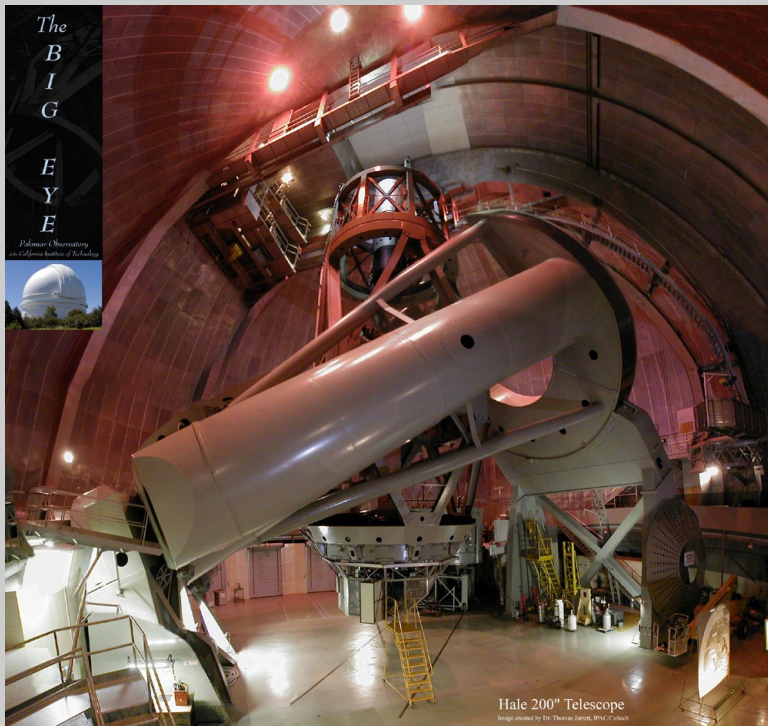
Historia

Refraktor w Yerkes Observatory

- Średnica obiektywu: 1.02 m
- Długość 18 m
- Waga 20 ton

Historia

1948 Teleskop Hale
Mt. Palomar



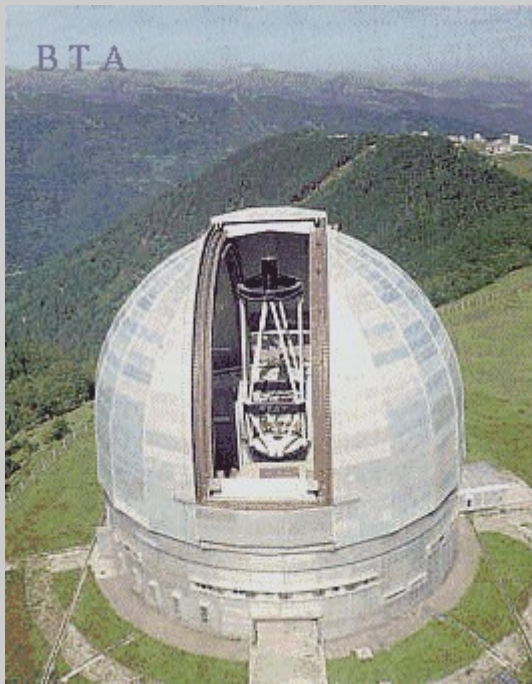
Teleskop Hale

- Średnica zwierciadła głównego: 5.08 m
- Waga zwierciadła głównego: 14.5 tony
- Grubość zwierciadła głównego: 55 cm
- Waga całego teleskopu: 530 ton
- Waga kopuły: 1000 ton

- Początek projektowania teleskopu to 1928 rok. Prace przerwane z powodu wojny.

Historia

1975 Nižnyj Arkhyz

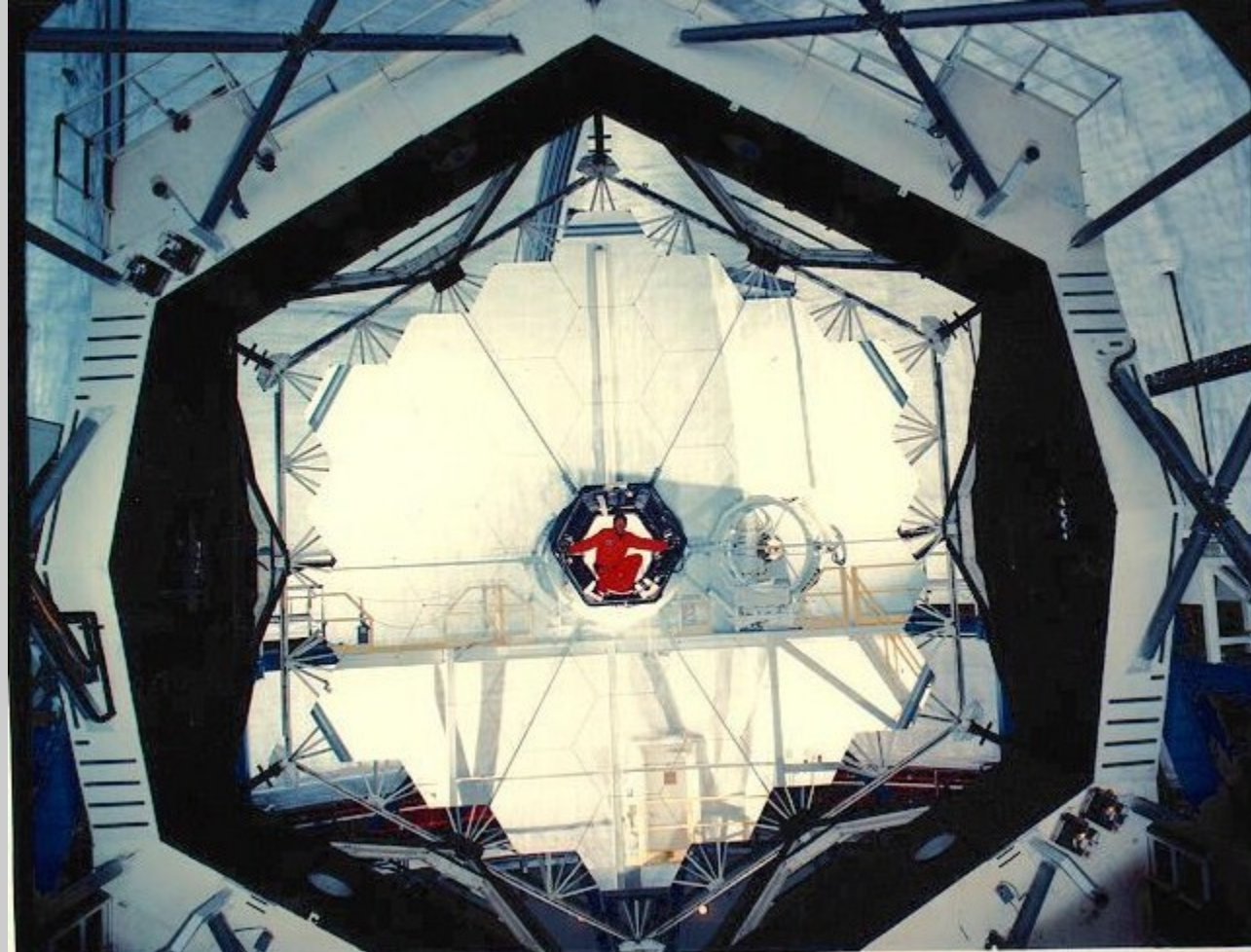


BTA

- Średnica zwierciadła głównego: 6 m
- Waga zwierciadła głównego: 42 tony
- Waga teleskopu: 850 ton
- Waga kopuły: 2000 ton
- Długość teleskopu: 42 m
- Wysokość kopuły: 53 m
- Teleskop na montażu horyzontalnym.

Historia

1993 Keck I
1996 Keck II
Mouna kea
Hawai



Keck

- Zwierciadła złożone z 36 sześciokątnych segmentów. Elementy różnią się od siebie.
- Efektywna średnica: 10 m
- Waga zwierciadła głównego: 14.4 tony
- Waga kopuły: 635 ton
- Długość teleskopu: 24.6 m
- Wysokość kopuły: 37 m
- Optyka aktywna.

Historia

1998 – 2001 VLT
Cerro Paranal
Chile



VLT

- 4 teleskopy o średnicach zwierciadeł 8.2 m
- Optyka aktywna i adaptacyjna
- Bardzo dobre instrumentarium



Historia

Magellan

Las Campanas

Chile



Magellan

- 2 teleskopy o średnicach zwierciadeł 6.5 m
- Optyka aktywna
- Zestaw instrumentów:

MIKE

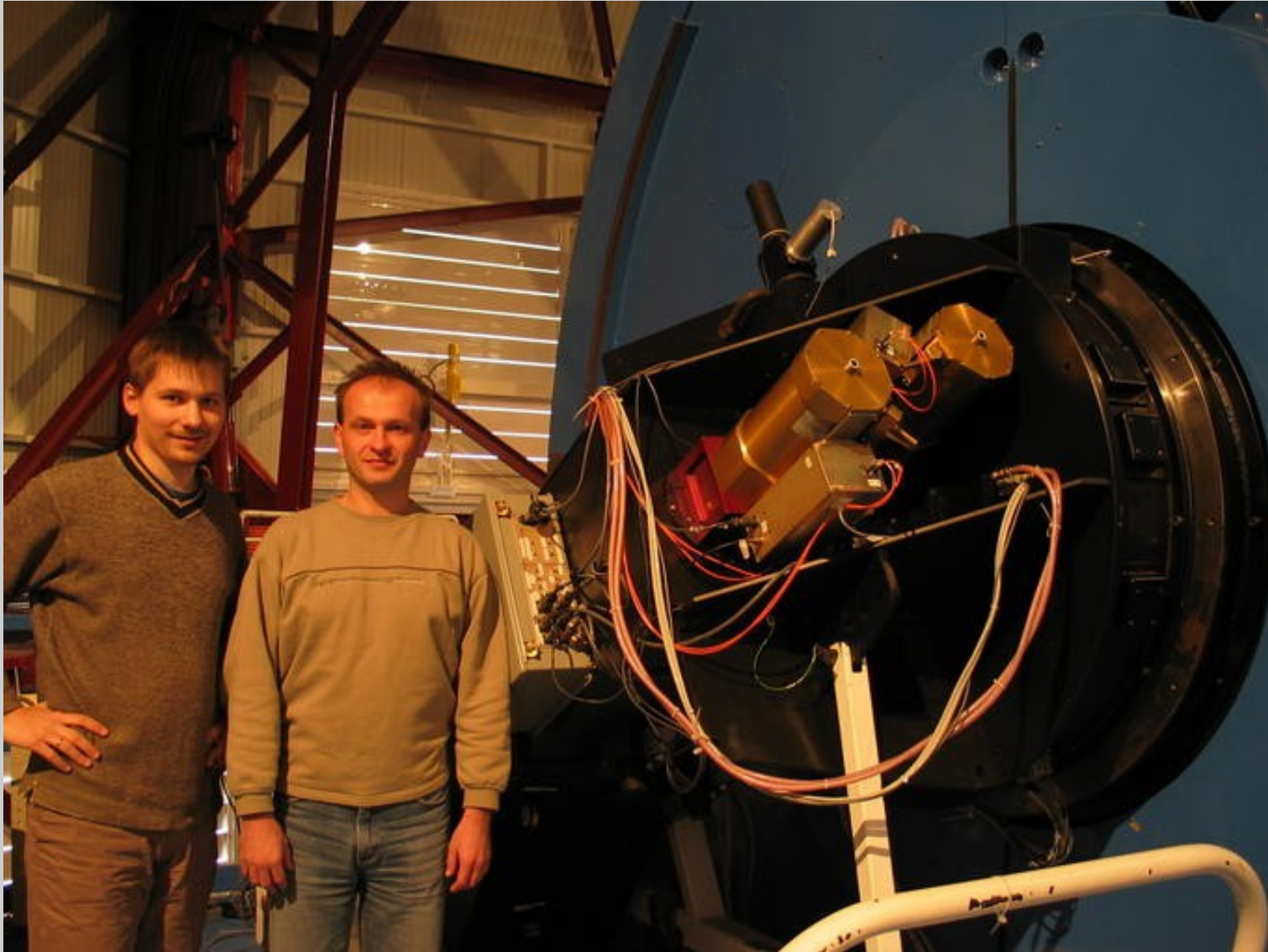
IMACS

PANIC

Magic

itd

Magellan - MIKE



Magellan – pokój obserwacyjny



Historia

1974 Arecibo

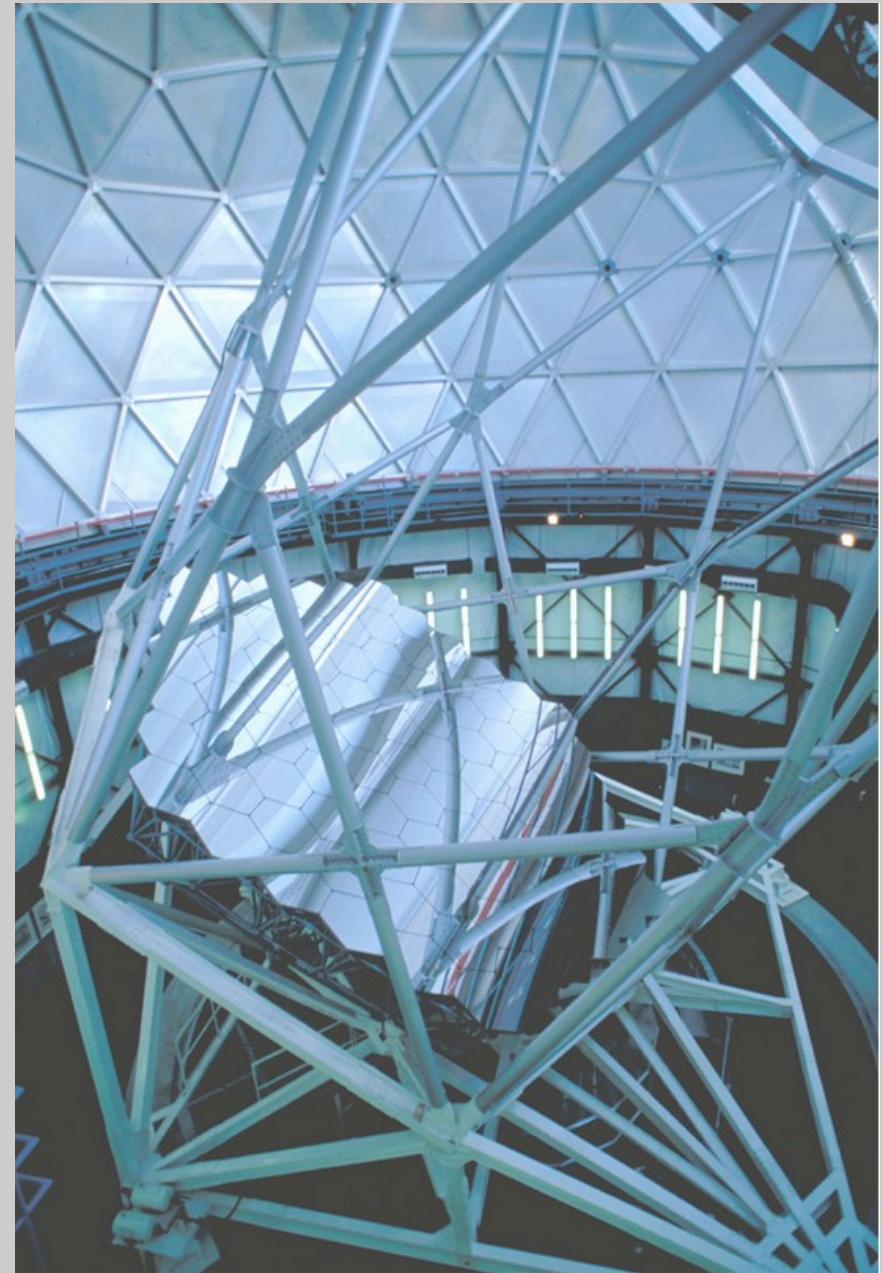


Arecibo

- Nieruchoma czasza o średnicy 305 m.
- Pomysł na duży teleskop optyczny
 - 8 metrowy teleskop z ciekłym zwierciadłem
 - HET
 - SALT

Historia

1999 HET



SALT - Historia

25 X 1999 r. Podpisanie umowy Polska – RPA

1 IX 2000 r. Położenie kamienia węgielnego



SALT - Historia

10 listopada 2005 roku – Uroczysta inauguracja





SALT Lokalizacja

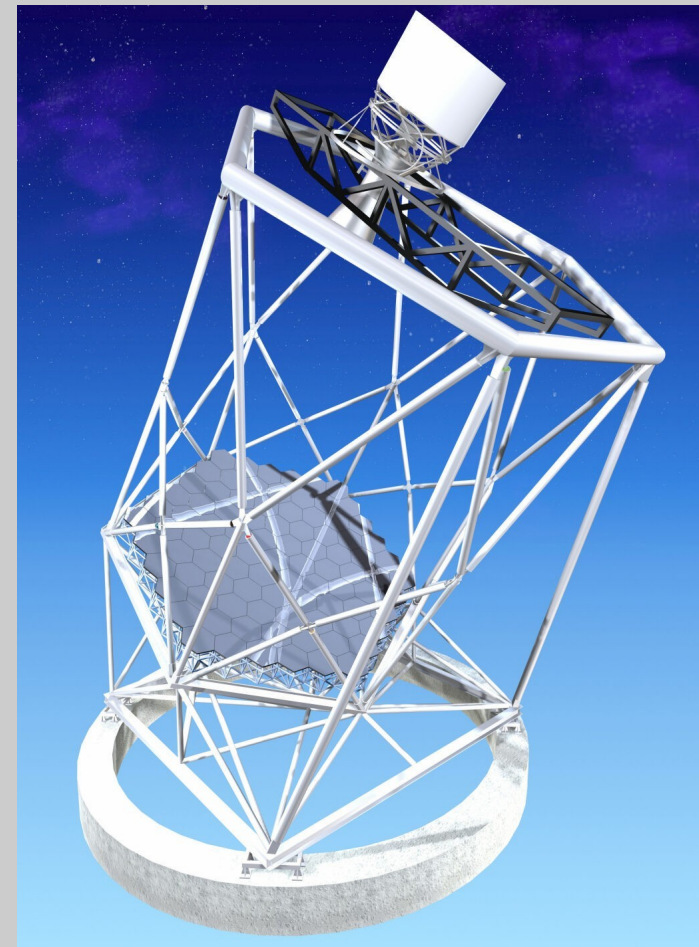
- Płaskowyż Karoo, 1759 m n p m.
- Szerokość geograficzna 32.4 S.
- Niedaleko od miejscowości Sutherland.
- 370 km od Kapsztadu.
- Afrykański biegun zimna.
- Na granicy dwóch stref klimatycznych:
 - Lato: ciepło i sucho w Kapsztadzie, deszcze na północy.
 - Zima: chłodno i deszczowo w Kapsztadzie, sucho na północy.





SALT - Charakterystyka

- Z zwierciadło sferyczne sześciokąt 11.1m * 9.8 m
- średnica efektywna 10 m
- 91 identycznych segmentów
- Waga segmentu ok. 100 kg.
- Stałe nachylenie od zenitu 37°
- Ruch jedynie w kącie azymutalnym.



SALT - Charakterystyka

- W czasie obserwacji teleskop jest nieruchomy. Porusza się jedynie “śledzik” z optyką korygującą aberracje zwierciadła.
- Maksymalny czas pojedynczej ekspozycji wynosi około 40 minut.
- W sumie SALT może obserwować około 70% powierzchni nieba widocznego w tym miejscu. Zakres deklinacji obserwowanych obiektów od -75 do +10 stopni.

SALT - Arek Swat



SALT - Charakterystyka

Kopuła:

- średnica 25 m
- masa 30 ton



SALT - Charakterystyka

Do kolimacji zwierciadła używany jest laser umieszczony w środku jego krzywizny. Brzegi elementów ustawiane są względem siebie z dokładnością rzędu mikrometra, a nie ułamka długości fali światła. Rozdzielczość dyfrakcyjna ograniczona przez rozmiar jednego elementu, a nie całego zwierciadła.



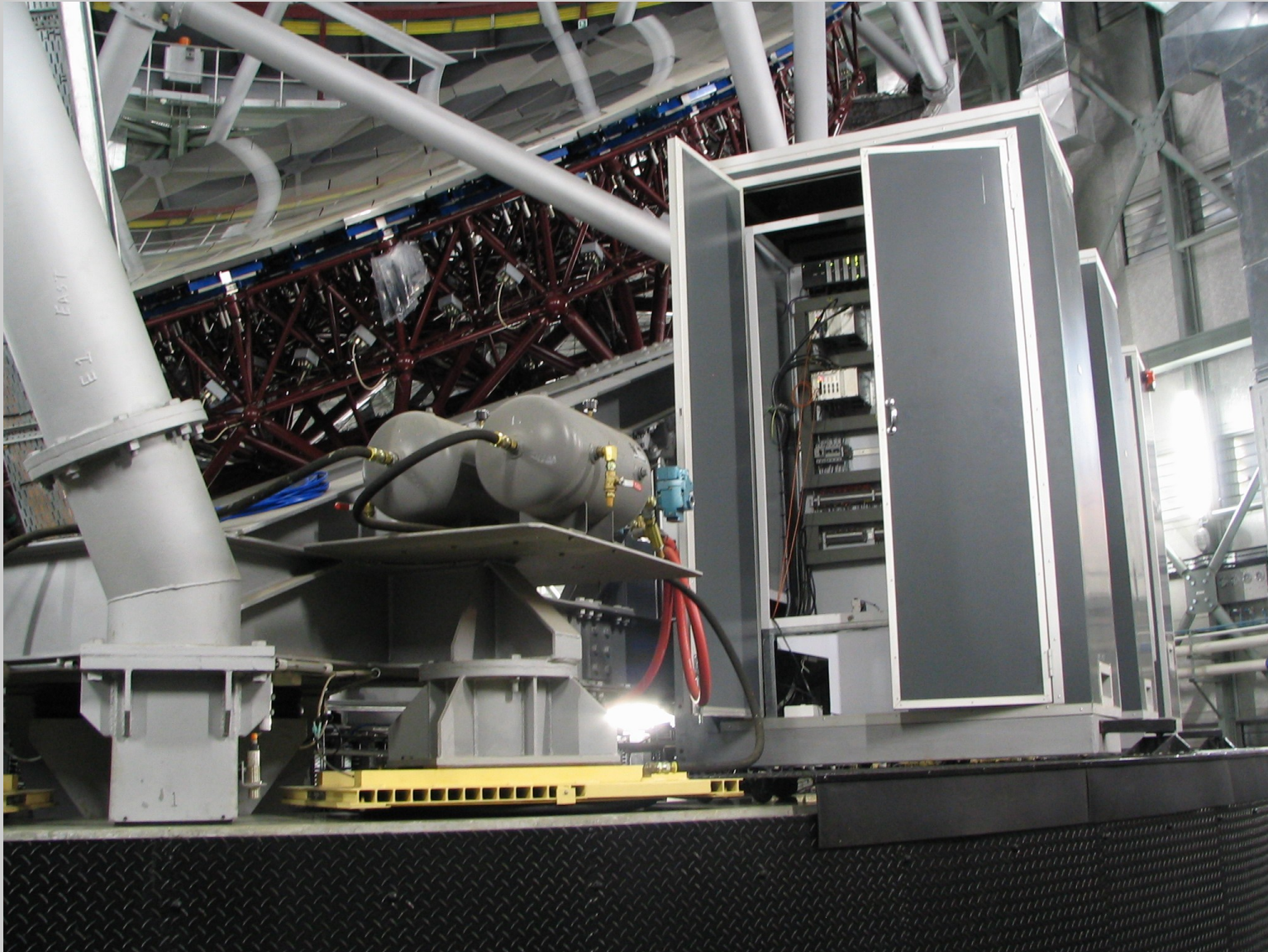
SALT - Charakterystyka



SALT - Charakterystyka

- Cienkie zwierciadło.
- Brak pokrywy zwierciadła:
 - Odkurzanie śniegiem z dwutlenku węgla.
 - Systematyczna wymiana i aluminizacja segmentów – średnio jeden na tydzień.

SALT - Charakterystyka



SALT - Pokój obserwacyjny



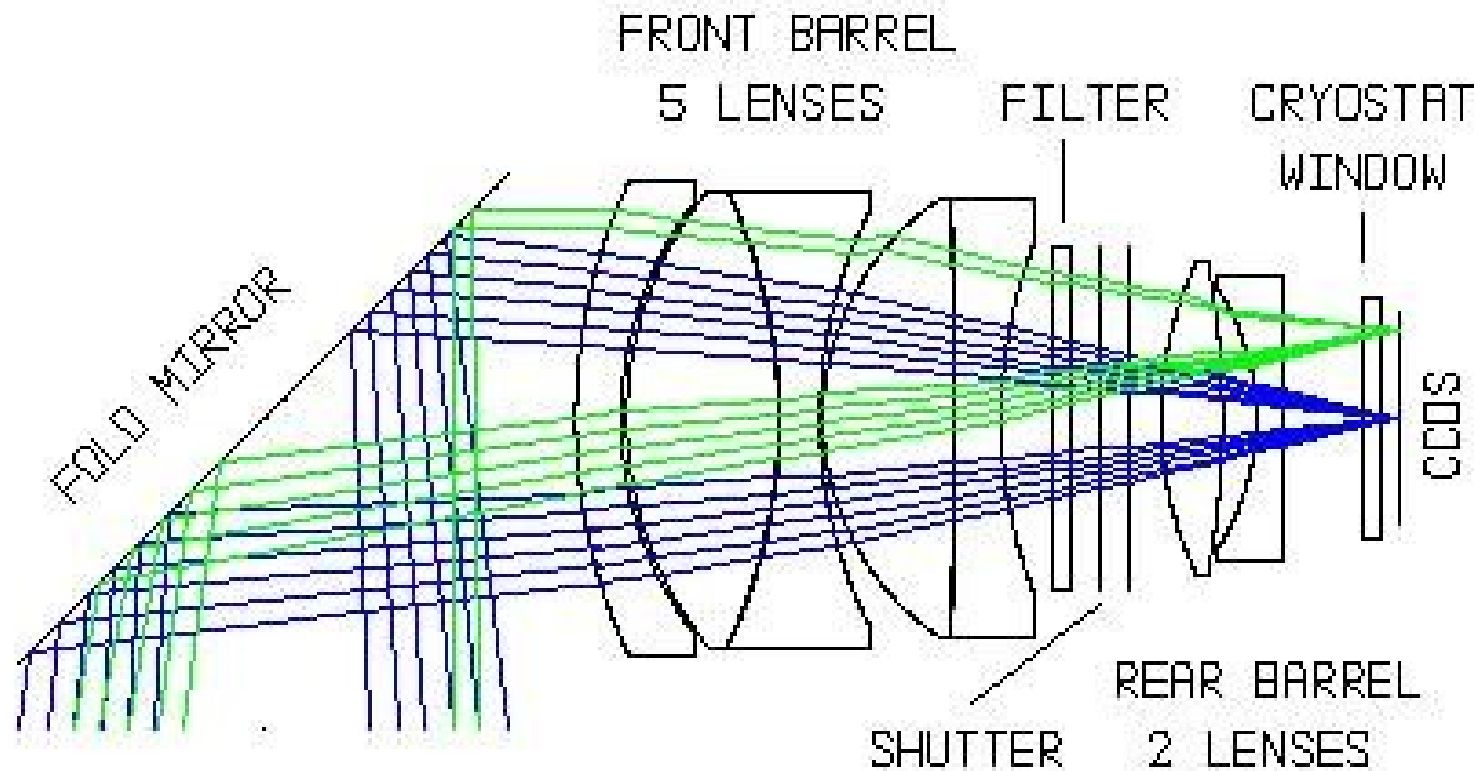
SALT - obserwacje

- Wyłącznie obserwacje serwisowe, które odbywają się głównie w trybie kolejkowym.
- Każdej nocy obserwowanych jest co najmniej kilka obiektów, najczęściej dla różnych projektów. Przewidywany jest mod dedykowany – cała noc dla jednego projektu.
- Przydział czasu teleskopowego w danym sezonie, a nie konkretne noce.
- Preferencja dla obiektów sporadycznych np. wybuchy GRB.

SALT - Instrumenty

- SALTICAM: mozaika CCD umieszczona w ognisku głównym.
- Spektrograf obrazujący średniej rozdzielczości umieszczony w ognisku głównym.
- System światłowodów prowadzący do pomieszczenia pod teleskopem. Tam ma być umieszczony spektrograf Echelle wysokiej rozdzielczości.

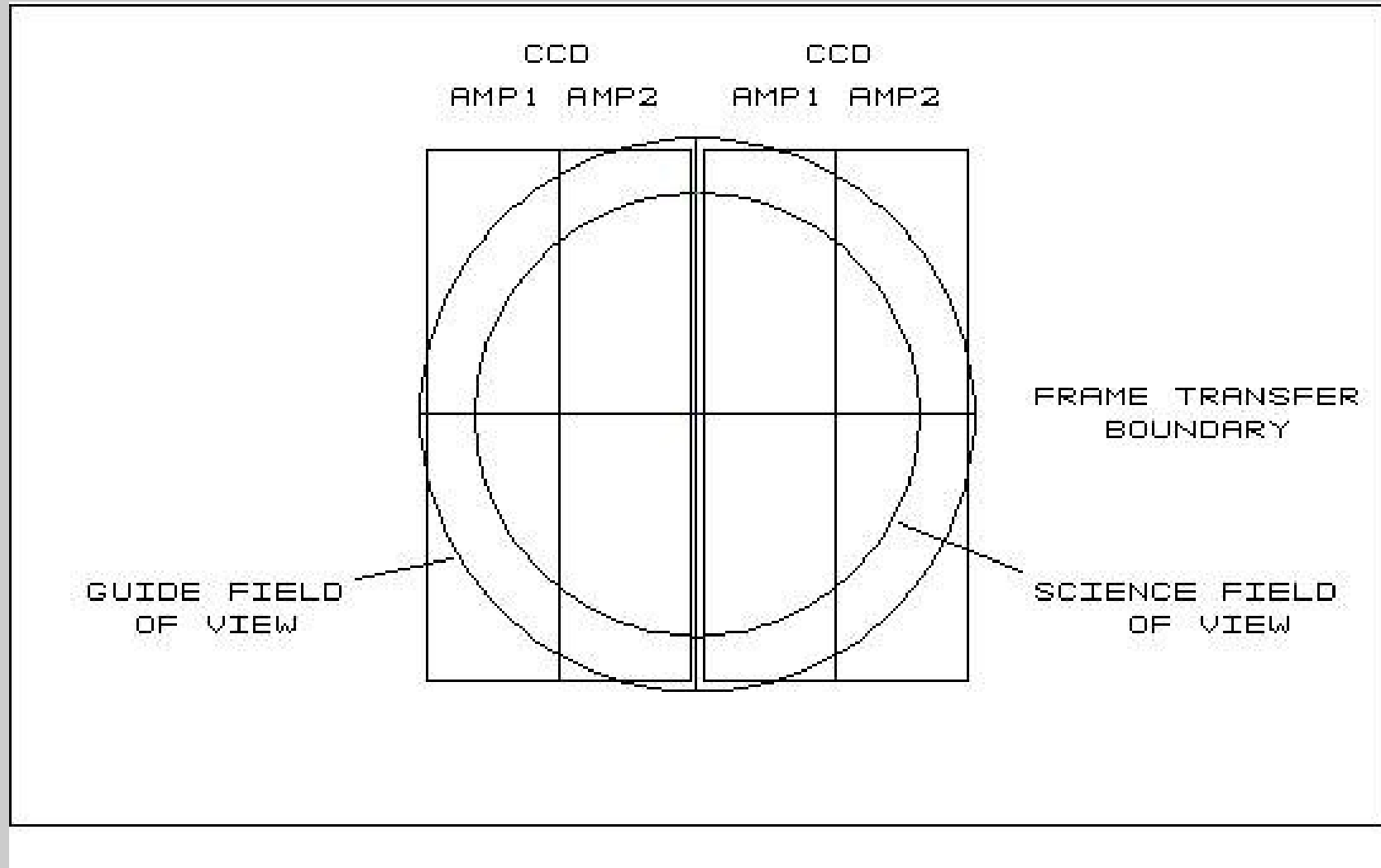
SALTICAM



SALTICAM

- Układ korygujący złożony z 7 soczewek wykonanych z kryształów przepuszczających UV.
- Światłosiła teleskopu $f/4.2$ zostaje zredukowana do $f/2$.
- Pole widzenia o średnicy 8 arcmin.
- Mozaika 2 cienkich matryc CCD 2k x 4k. Pixele o rozmiarze $15 \mu\text{m}$. Powłoki antyodblaskowe poprawiające czułość UV.

SALTICAM

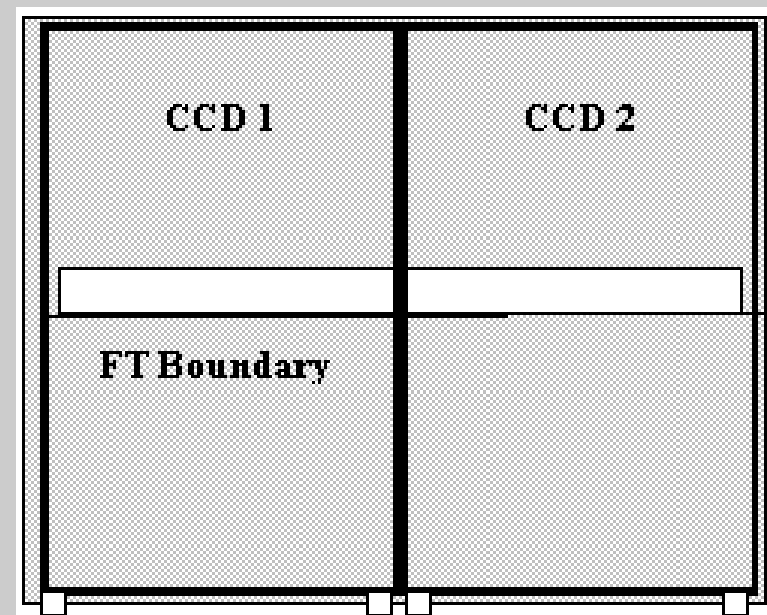
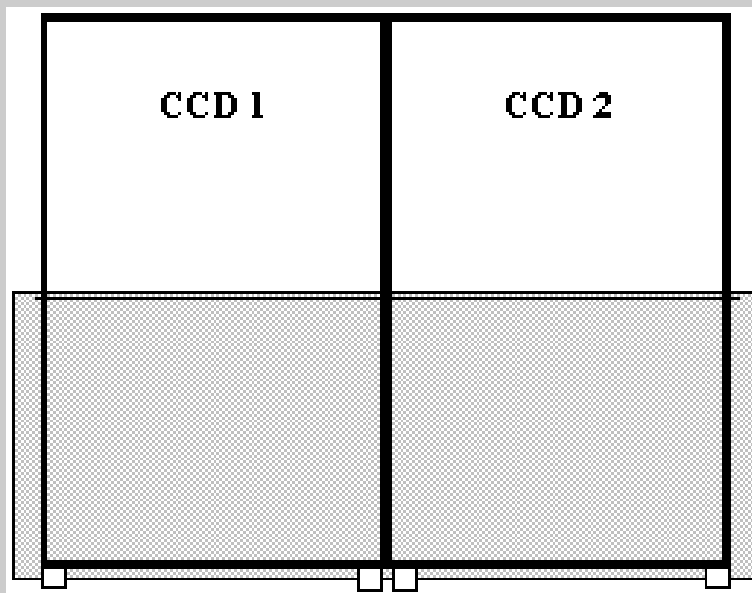


SALTICAM

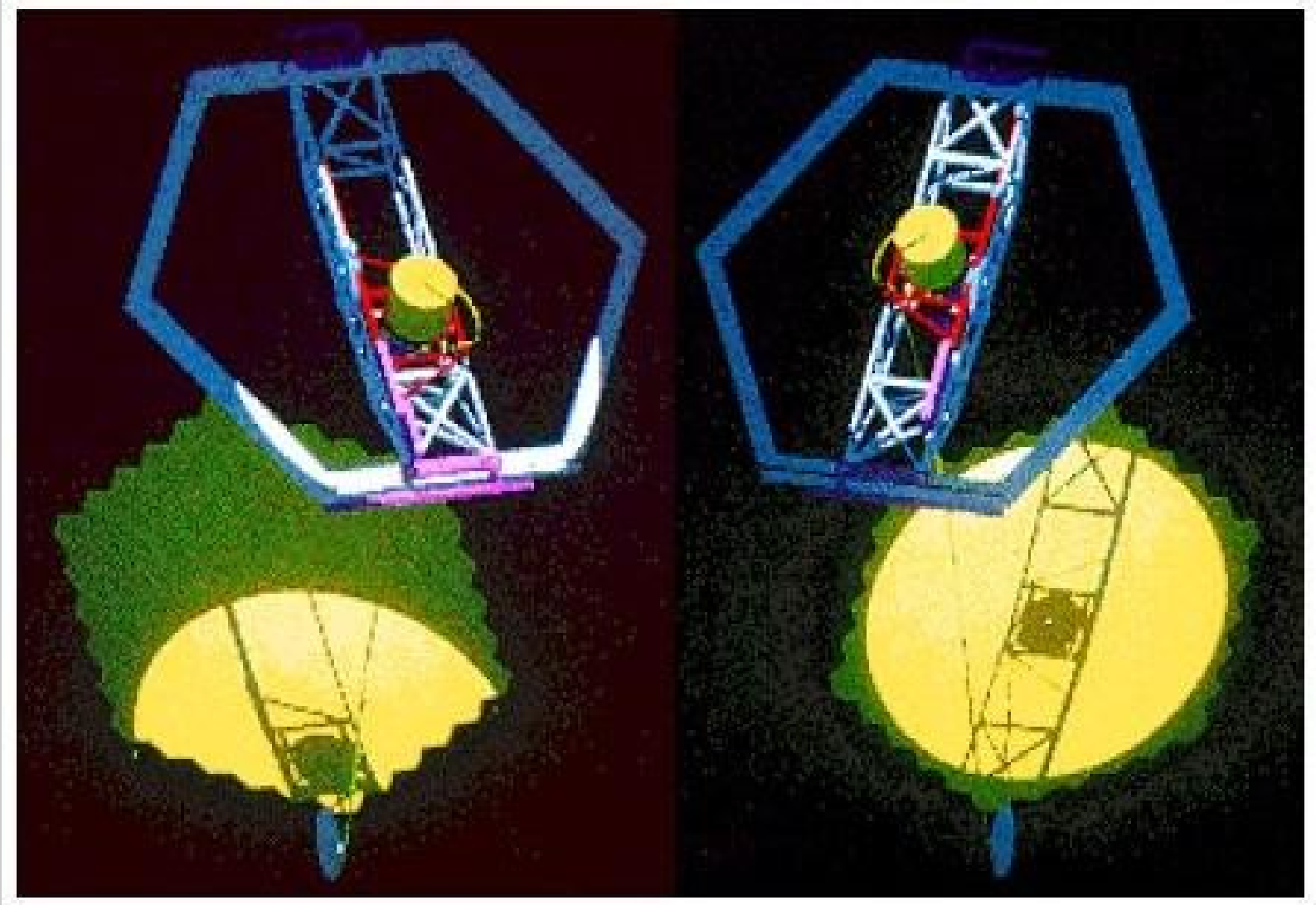


SALTICAM

- Dostępne tryby o podwyższonej rozdzielczości czasowej: transfer obrazu i szczelina.



SALTICAM - fotometria

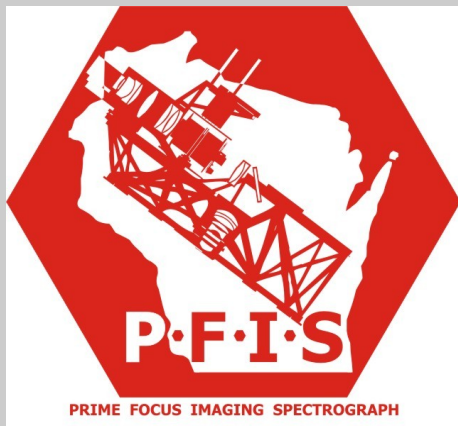


SALTICAM - fotometria

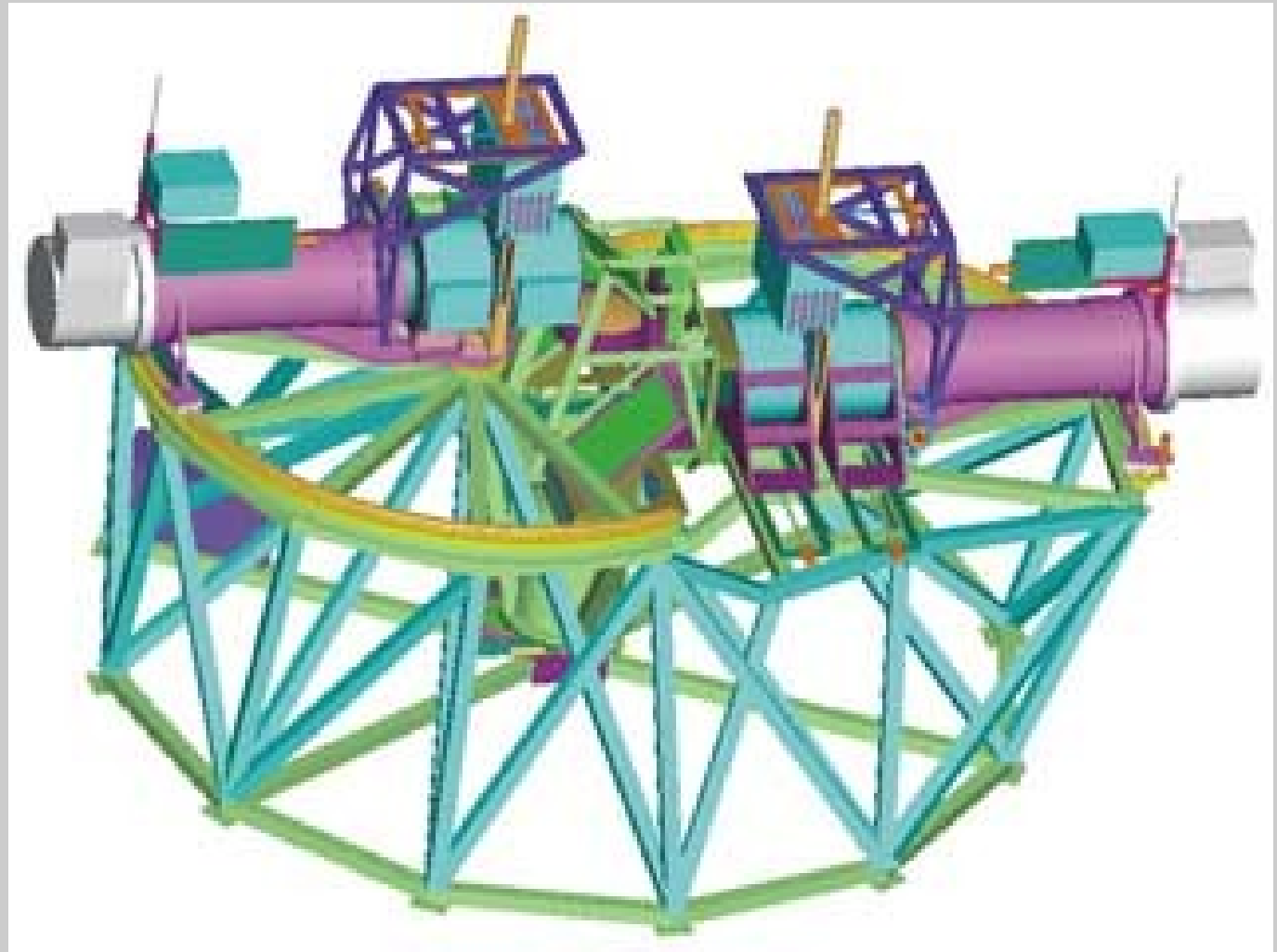
- Kalibracja z dokładnością ok. 1% ze względu na zmienność obserwowanej części zwierciadła oraz zmienne winietowanie w trakcie ruchu kamery:
 - Zmienne aktywne pole powierzchni można obliczyć nawet z poprawką na przerwy pomiędzy segmentami.
 - Winietowanie można skalibrować.
 - Nie ma możliwości, żeby uwzględnić różne współczynniki odbicia segmentów, które dodatkowo zmieniają się w czasie.

SALTICAM - fotometria

- Kalibracja absolutna wymaga obserwacji tego samego pola przez inny teleskop oraz obserwacji gromady o znanej fotometrii przez SALTICAM dla wyznaczenia współczynników transformacji.



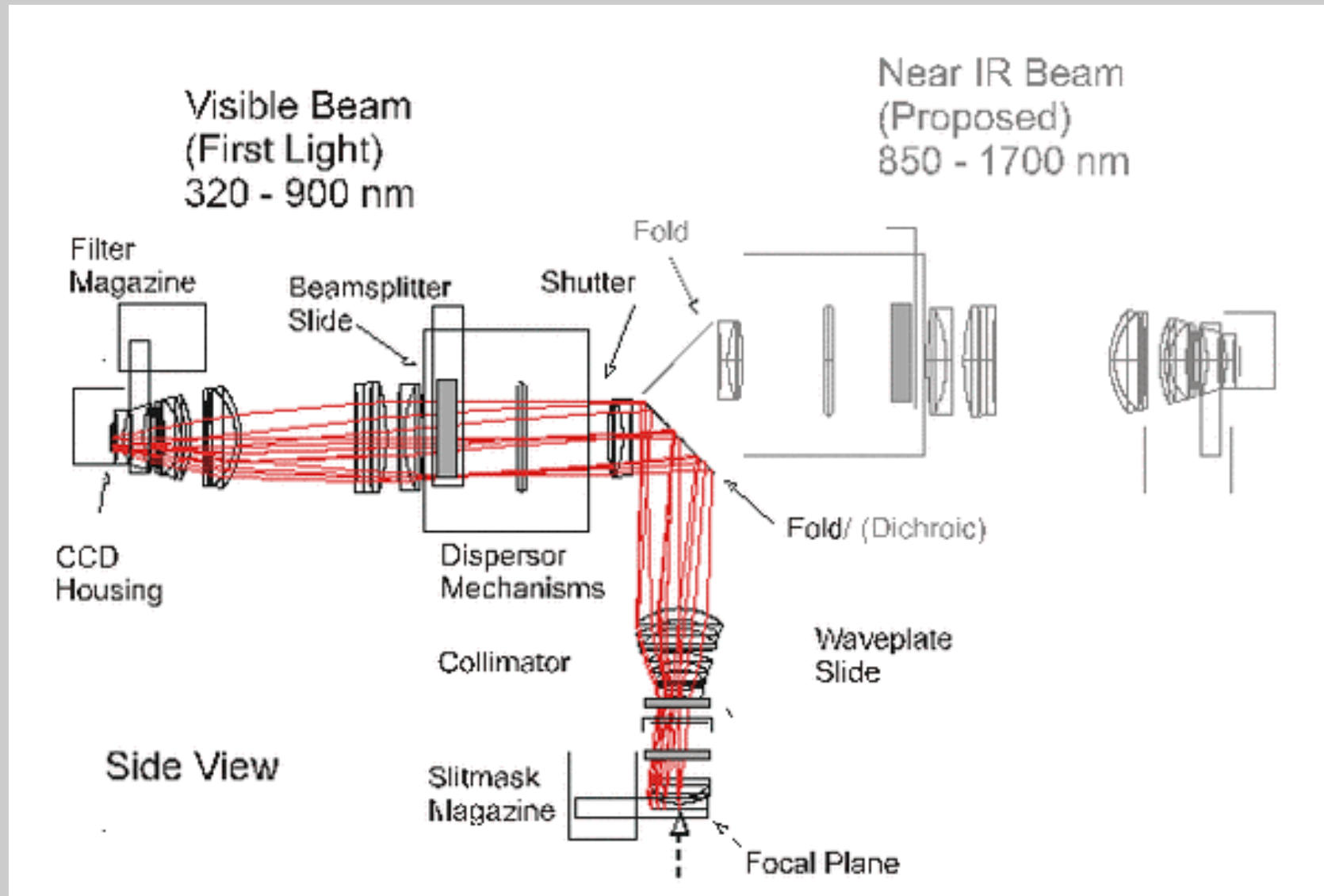
Spektrograf obrazujący **PFIS *Robert Stobie***



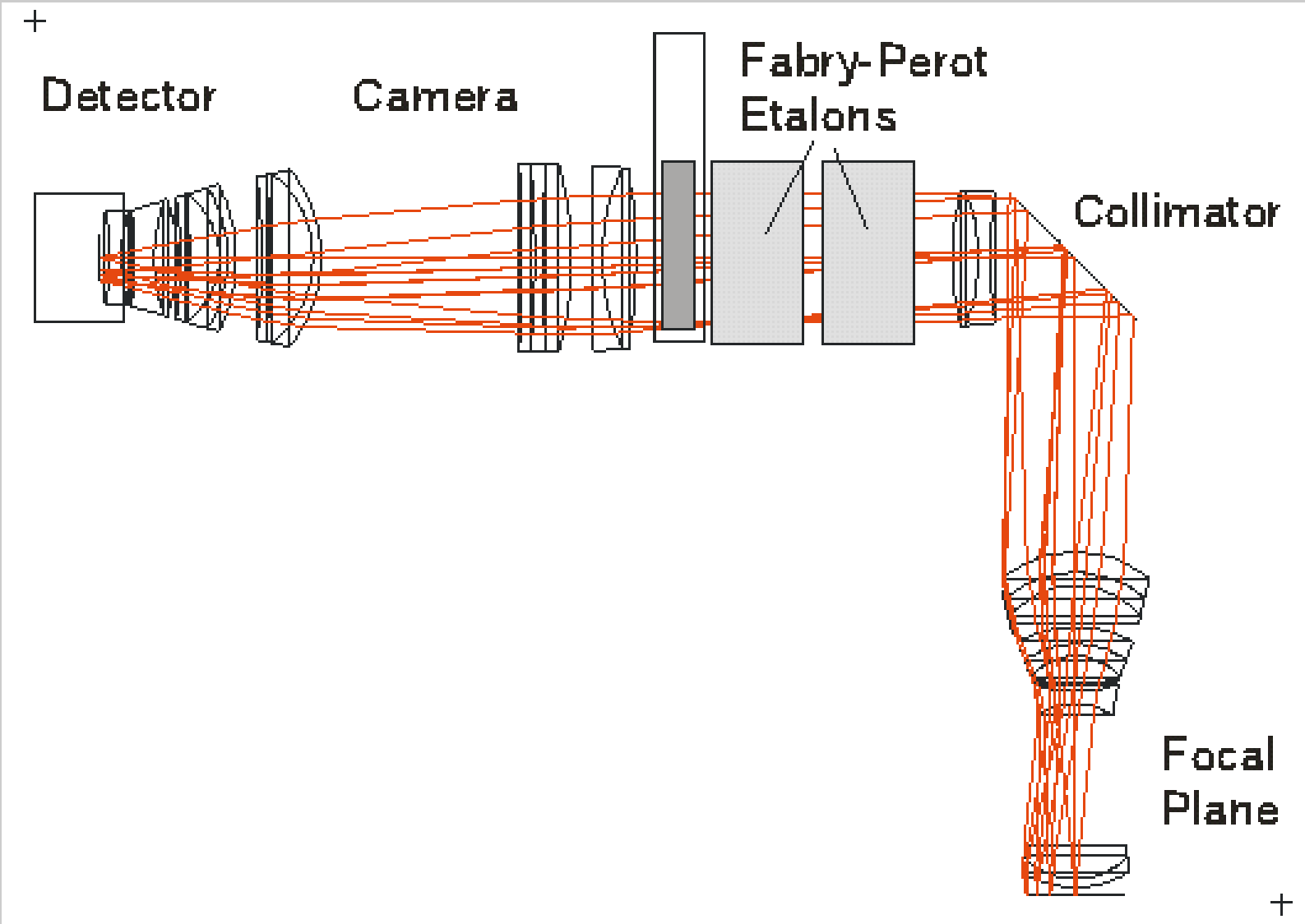
PFIS

- Spektrograf średniej rozdzielczości:
 $R=800 - 6500$ (12000 ze szczeliną 0.45 arcsec).
- Zakres długości fal: 320 – 850 nm (część optyczna, dodatkowo jest IR).
- Spektroskopia wielu obiektów.
- Obrazowanie Fabry-Perot:
 $R=2500 - 250000$
- Polarymetria.

PFIS – optyka 22 soczewki



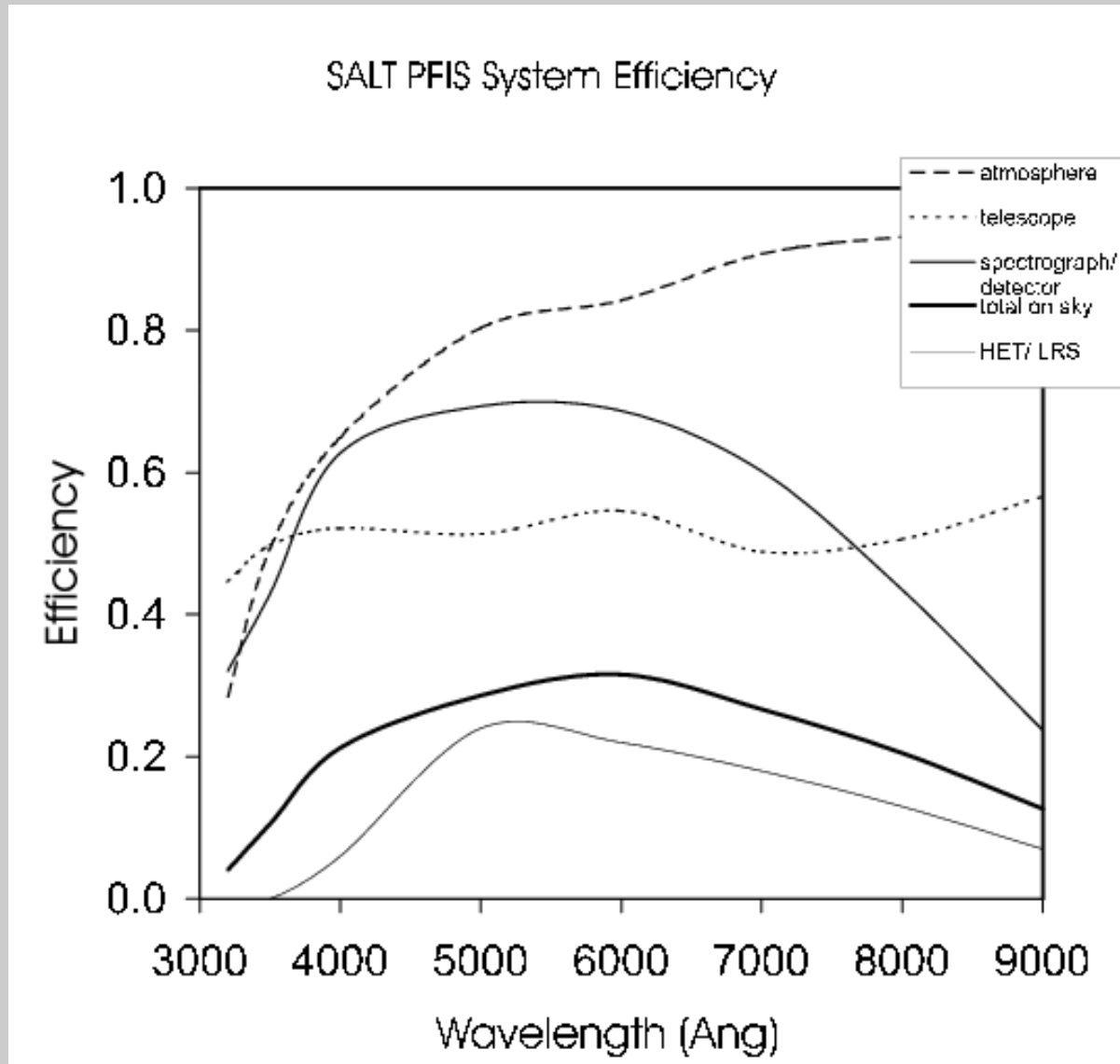
PFIS



PFIS

- Detektor: mozaika 3 matryc CCD 2k x 4k
- Pole widzenia: 8 arcmin.
- Wydajność kwantowa:
 - Maksymalna: 68%
 - Dla 320 nm: 34%
- Dla $V=22$ mag. oraz $R=12000$: $S/N=10$
- Wydajność kwantowa Fabry-Perot:
80% jeden etalon i 50% dwa etalony.

PFIS wydajność



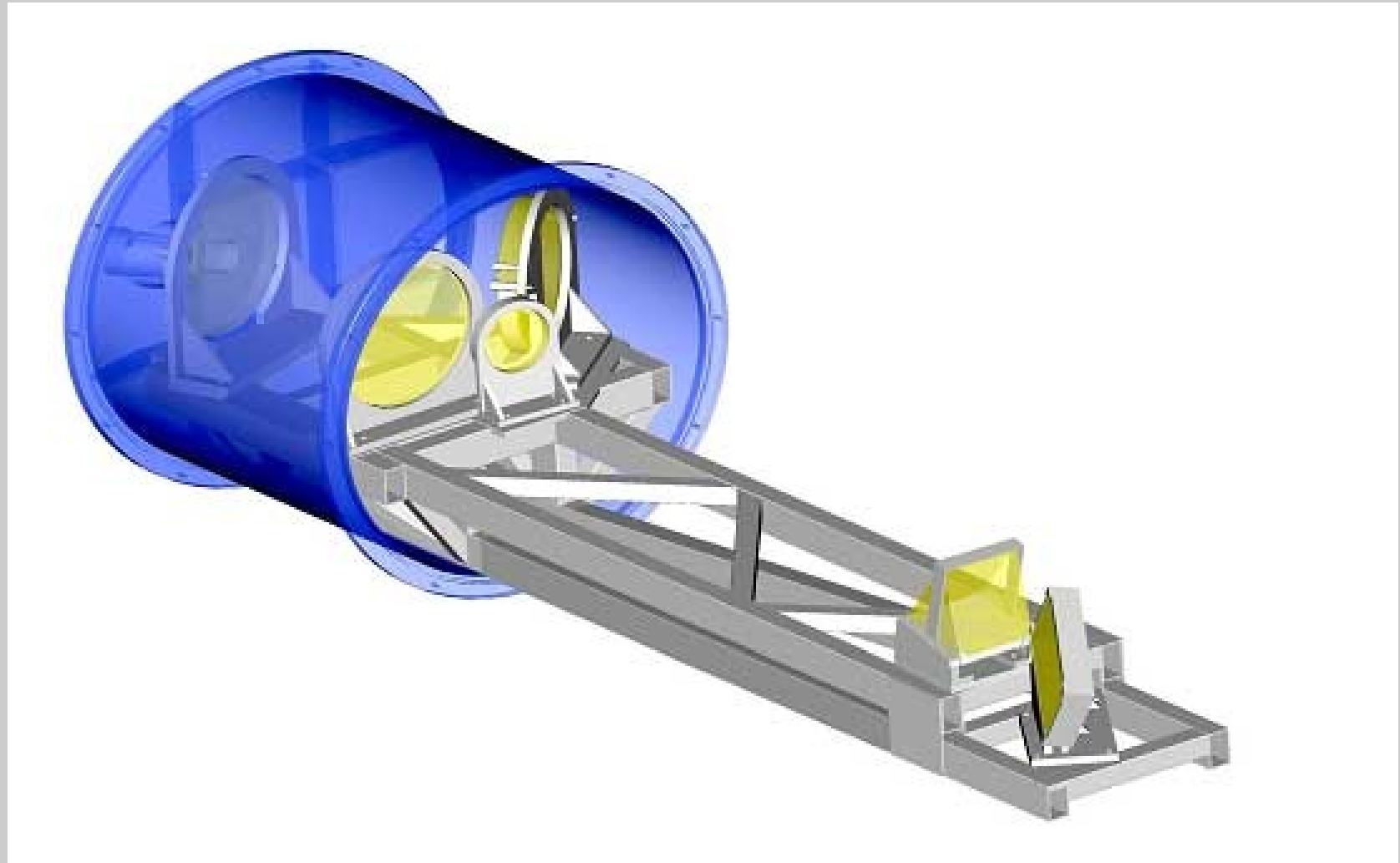
PFIS a inne “duże” spektrografy

- Najlepsza na południowej półkuli spektroskopia UV.
- Największe na południowej półkuli pole widzenia.
- Unikatowa spektroskopia Fabry-Perot.
- Unikatowa spektro-polarymetria UV.

Spektrograf Wysokiej Rozdzielczości **HRS**

- Echelle z możliwością spektroskopii wielo-
obiektowej.
- Zasilany światłowodami.
- $R = 30\,000 - 100\,000$
- Projektowana stabilność na poziomie
1 m/s.

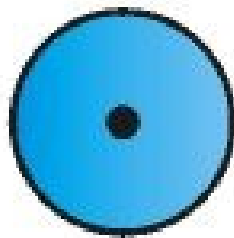
HRS



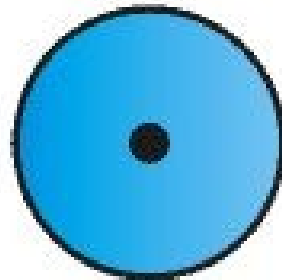
Największe teleskopy

Apertura (m)	Nazwa	Lokalizacja
2x10.0	Keck	Mauna Kea , Hawaii
~10	SALT	South African Astronomical Observatory
9.2	Hobby-Eberly	Mt. Fowlkes, Texas
8.3	Subaru	Mauna Kea, Hawaii
4x8.2	VLT	Cerro Paranal , Chile
8.1	Gemini North	Mauna Kea, Hawaii
	Gemini South	Cerro Pachon , Chile
6.5	MMT	Mt. Hopkins, Arizona
	Magellan	Las Campanas, Chile
6.0	Bolshoi Teleskop Azimutalny	Nizhny Arkhyz, Rosja
	LZT	British Columbia, Canada
5.0	Hale	Palomar Mountain, California

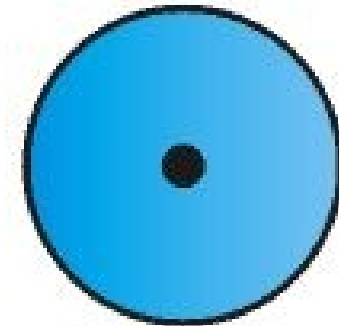
WORLD'S LARGEST OPTICAL TELESCOPES



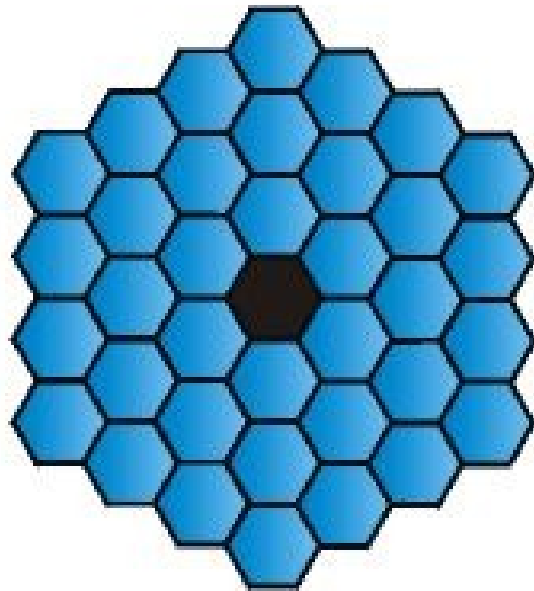
Herschel 4.2m



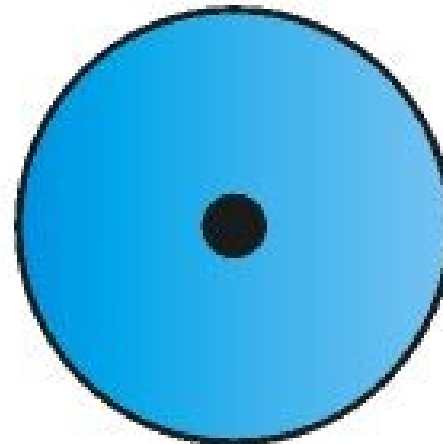
Palomar 5m



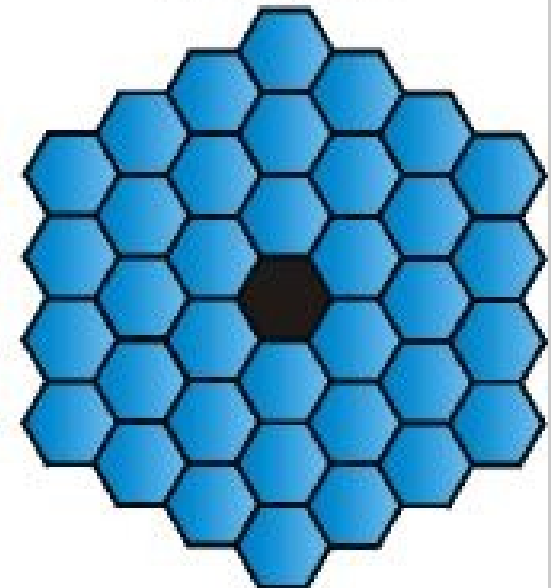
Russian 6m



Keck I 10m



VLT 8.2m

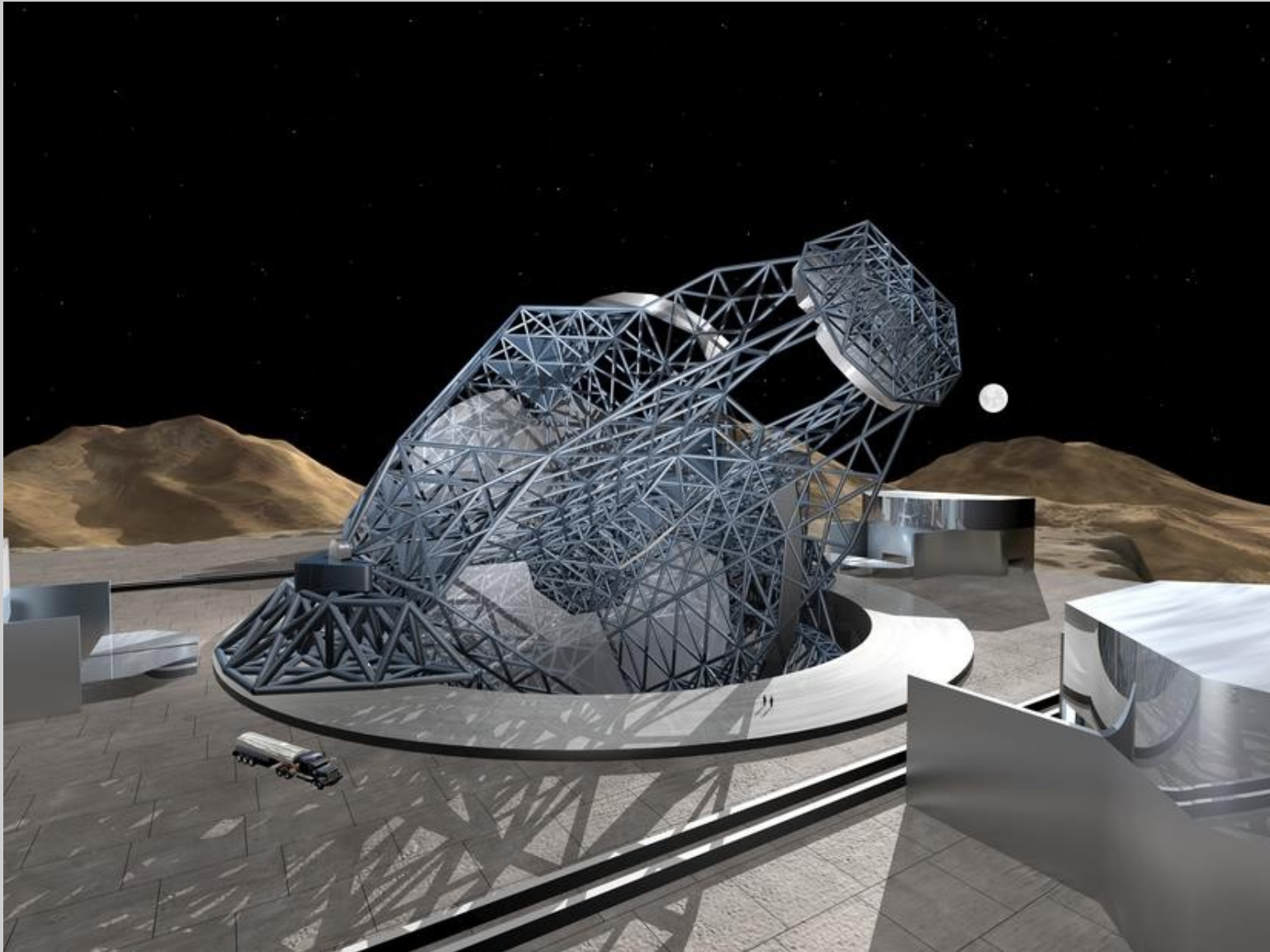


Keck II 10m

Central mirror holes not shown to scale

© W.M. Keck Observatory

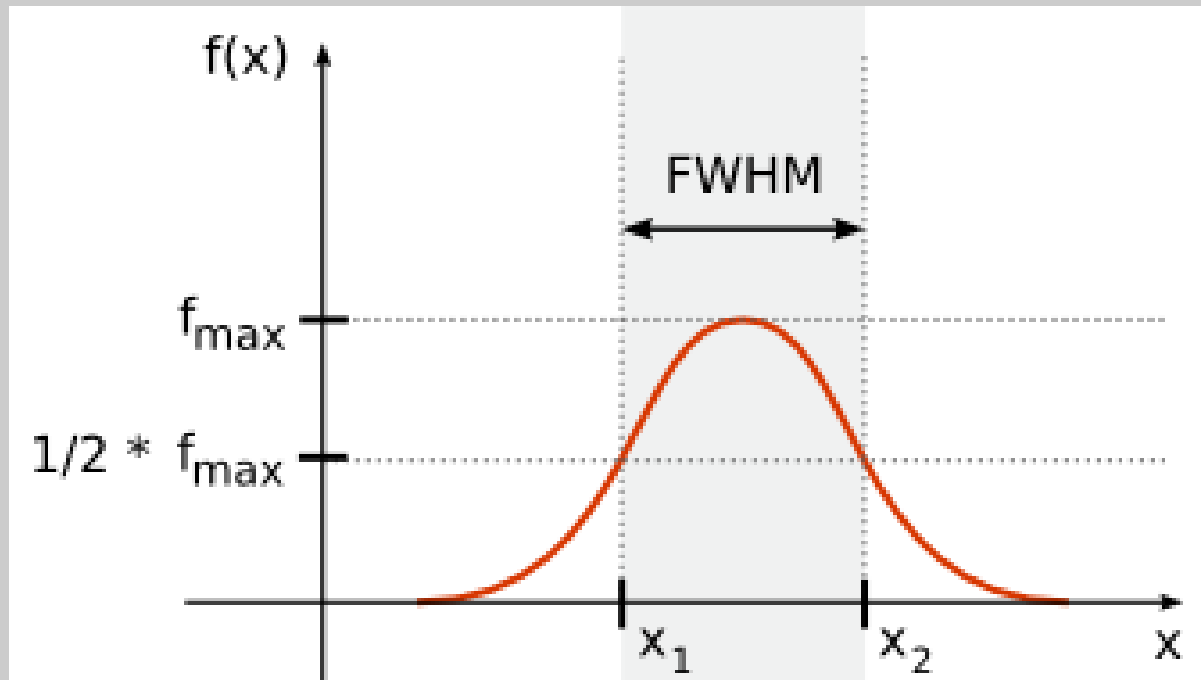
OWL



Seeing

- Obraz odległych gwiazd na swej drodze napotyka materię, która powoduje “rozmycie” punktowego obrazu. Najwięcej materii w atmosferze Ziemi.
- Dodatkowe rozmycie od optyki:
 - Dyfrakcja
 - Wady optyczne teleskopu i detektora
 - Szum odczytu detektora

FWHM

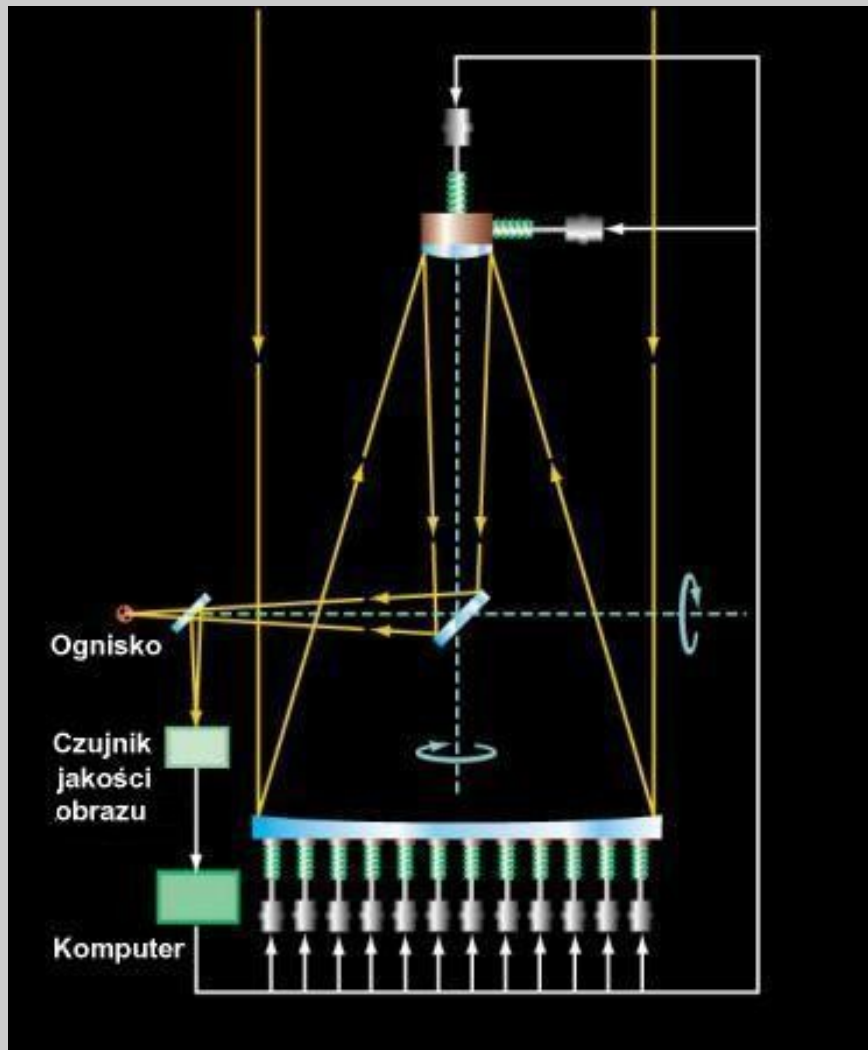


Dobre obserwatoria $\text{FWHM} < 1 \text{ arcsec}$

Seeing

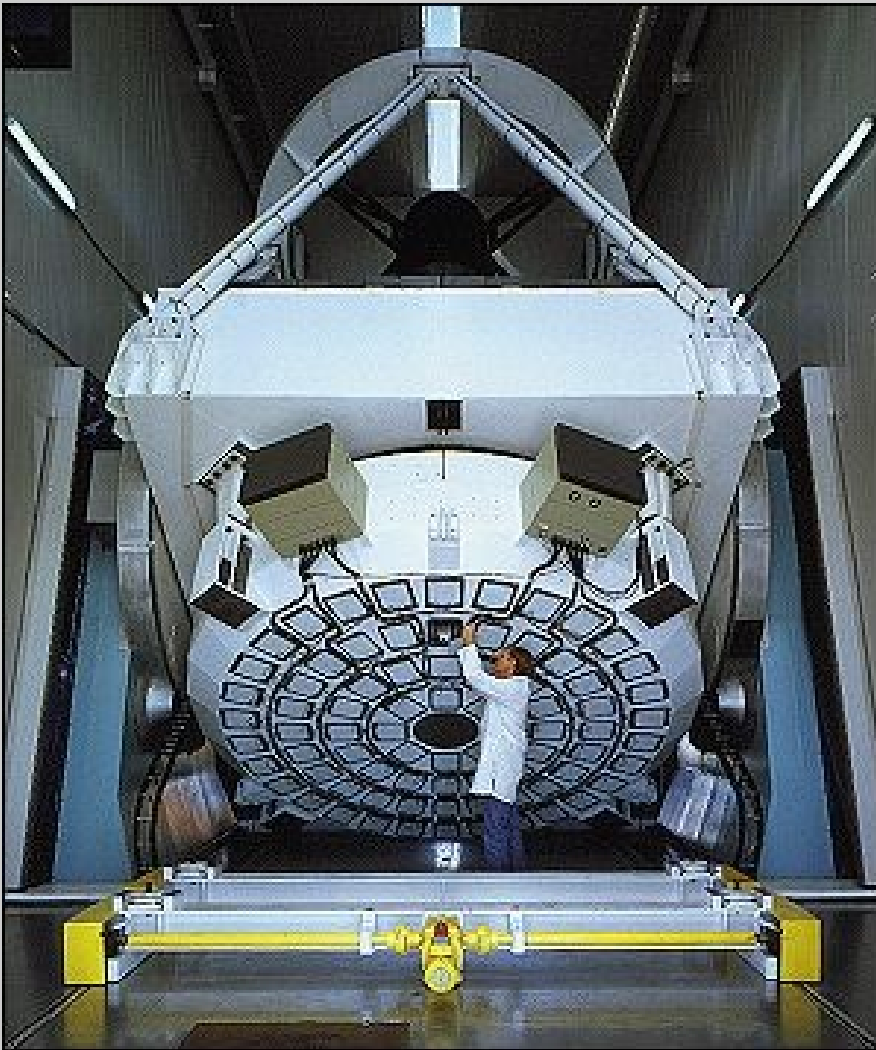
- Położenie obserwatorium powyżej warstwy inwersyjnej.
- Wyrównywanie temperatur wewnątrz kopuły oraz samego teleskopu z temperaturą otoczenia.
- Precyzyjne ogniskowanie teleskopu.

Optyka aktywna



- Pozwala korygować kształt zwierciadła teleskopu na podstawie analizy obrazu gwiazdy.
- Koryguje zmiany związane z pozycją teleskopu, temperaturą i innymi warunkami (nawet lekkie trzęsienia ziemi).
- Zastępuje tradycyjne ogniskowanie.

Optyka adaptatywna



- Bardzo szybka (>100 Hz) i precyzyjna korekcja kształtu zwierciadła eliminująca wpływ atmosfery na jakość uzyskiwanych obrazów (seeing).
- Daje ładne obrazy, ale nie nadaje się do fotometrii.

Optyka adaptywna

