



Radiowy Wszechświat

UMK 20.09.2024

Dlaczego badamy Wszechświat ?

*M. Kopernik – ... Cóż piękniejszego nad niebo, które
przecież ogarnia wszystko co piękne...*

- Poznanie, zaspokojenie ludzkiej ciekawości > **WIEDZA**
- Astronomia próbuje rozwiązać problemy fundamentalne
- Budowa Wszechświata (we wszystkich obserwowanych skalach)
- Prawa przyrody ich uniwersalność
- Stany materii, źródła i formy energii
- Ewolucja Słońca, Ziemi i całego Wszechświata
- Powstanie i ewolucja form żywych
- Poszukiwanie pozasłonecznych układów planetarnych
i rozwiniętych cywilizacji
- Ekspansja naszej cywilizacji => kolonizacja kosmosu

Czy klasyczna ewolucja biologiczna człowieka trwa nadal ?

*Nauka (narzędzia i rezultaty badań)
to przejaw ciągłej ewolucji człowieka*

*Ewolucja, dzięki działalności
człowieka, rozszerzyła się do
dotychczas niedostępnych wymiarów
Wszechświata*

Nie tylko w sensie fizycznym i matematycznym

*ale także w twórczości artystycznej (muzyka, literatura, sztuka)
to przecież kreowanie wirtualnej rzeczywistości
a więc świata, który fizycznie nie istnieje*

Historia badań radioastronomicznych w UMK

Katedra Radioastronomii, Centrum Astronomii UMK /
Instytut Astronomii



Prof. dr hab. Andrzej J. Kus

Toruń, 19 września, 2024.

Toruński Instytut Astronomii UMK

Piwnice koło Torunia

<http://www.astr.uni.torun.pl>



*KRa IA
UMK*



Początki UMK i Obserwatorium

15 VII 1945 przyjazd astronomów USB do Torunia w grupie 200 osób pracowników naukowych, administracji i pracowników technicznych.

24 VII 1945 powstaje UMK w Toruniu (uchwała rządowa) WH, WM-P, WSzP

Utworzenie Obserwatorium Astronomicznego UMK 1945

dwie Katedry: Astronomii (WD) i Astrofizyki (WI)

4 XII 1945 pierwszy wykład z astronomii (WI)

Czerwiec 1947 dociera do Piwnic astrograf Draper'a
pierwsze zdjęcia nieba wykonano nim 24 VII 1949

1950 pierwszy absolwent astronomii na UMK

Utworzenie Instytutu Astronomii 1952

Nowy budynek Obserwatorium 1954

Uruchomienie TSC 60/90 1962



1968



Prof. Dr Władysław Dziewulski astronom

Rektor Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie
w latach 1936-1939

**(USB - to był drugi najstarszy polski uniwersytet)
1578/79**

Obserwatorium Astronomiczne, utworzenie 1753

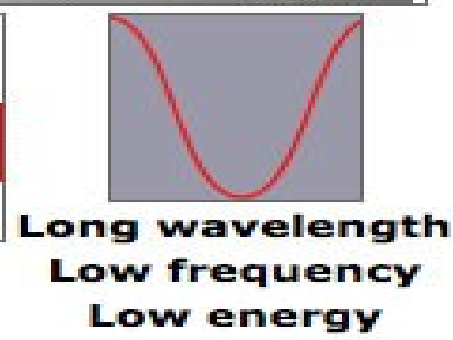
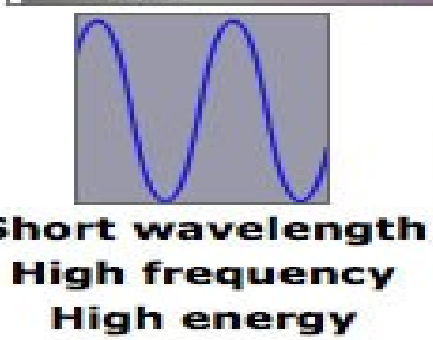
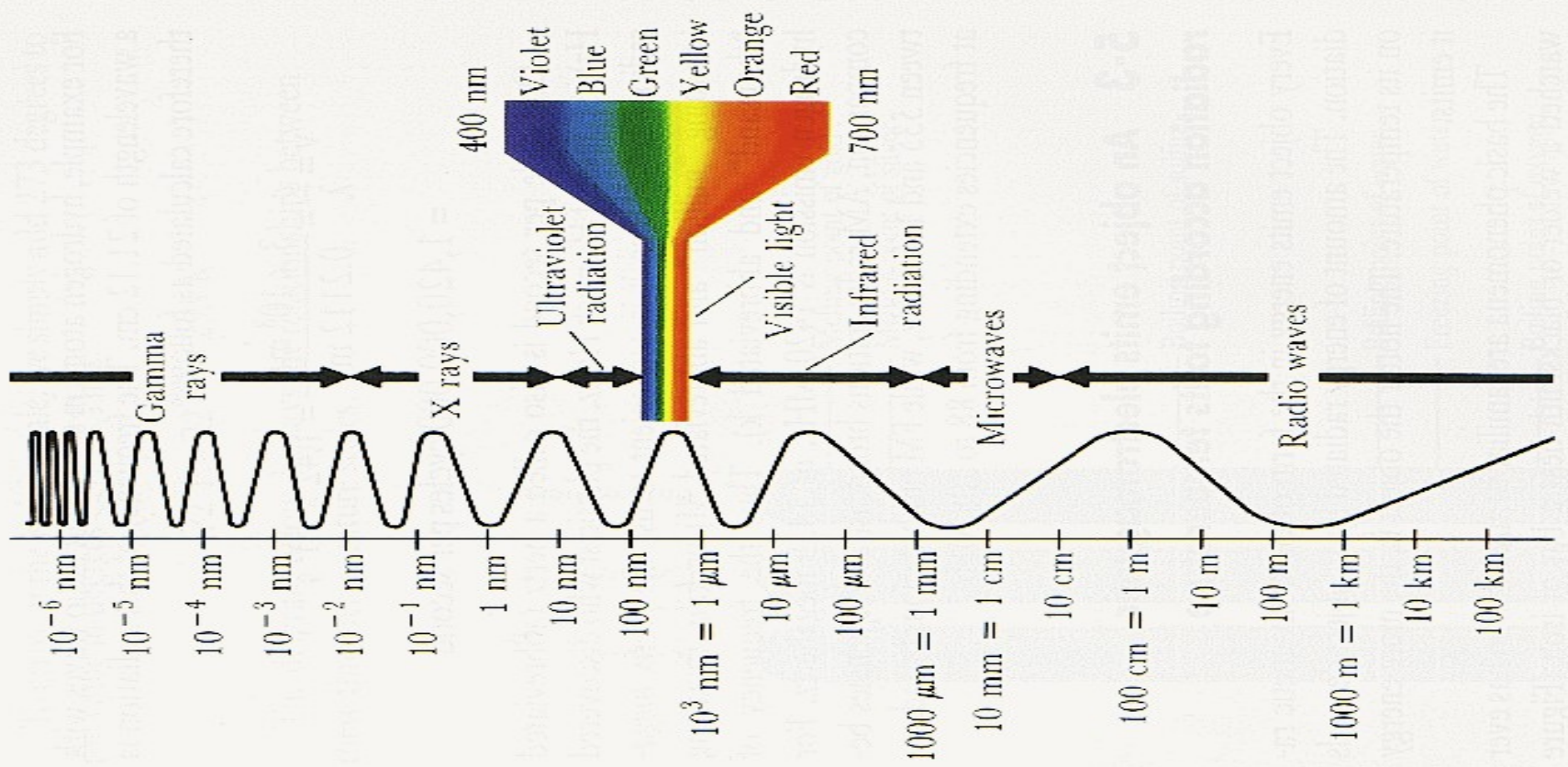
Jeden z założycieli
Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu
Prorektor ds. organizacji UMK

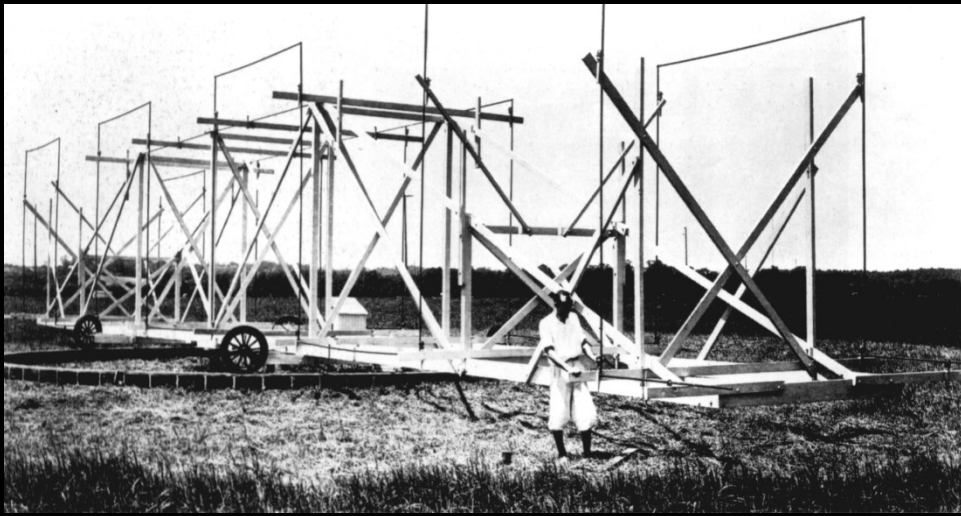
Kierownik Obserwatorium Astronomicznego UMK
1945-1952

**Powstanie UMK na fundamentach USB stworzyło ogromną szansą rozwojową dla
miasta Torunia i dla całego regionu Pomorza**

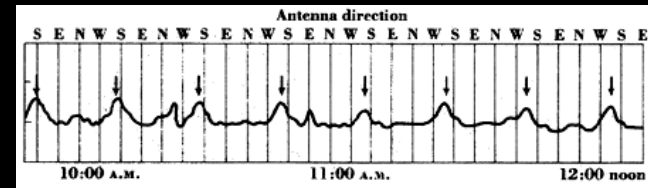


*Prof. Wilhelmina Iwanowska and Prof. Stanisław Gorgolewski
Pionierzy współczesnych badań astronomicznych w Toruniu*





Karl Jansky
(1901-1984)



Pionierzy Radioastronomii



Grote Reber (1905- 2004)

Początki radioastronomii w Toruniu (UMK)

Wykłady prof. W.Iwanowskiej, jej zainteresowanie radioastronomią, seminarium, organizacja zespołu d.s. budowy radioteleskopu słonecznego (1956)

Mgr **S.Gorgolewski** (fizyk), doktorat 1960, hab. 1965,

Mgr Inż. **K.Grzesiak** (elektronik, fizyk) **do końca roku 1958,**

Mgr **H.Iwaniszewski** (astronom) **do roku 1962 (doktorat 1962)**

Plus technicy: m.in. Kozierkiewicz, Kowalewski, Kalinowski, ...

Cel naukowy: systematyczne monitorowanie radiowej aktywności Słońca.

Włączenie Torunia do aktywności naukowej Międzynarodowego Roku Geofizycznego
1957 /1958.

Związki ze zjawiskami zachodzącymi w magnetosferze ziemskiej – pogoda kosmiczna

Rozpoczęcie budowy RT-1, wyzwania / trudności i problemy (1956-1959), RT-1b

Kontakty z Politechniką Warszawską i PIT prof. J.Groszkowski i prof. S.Ryżko.

Konsultacje dot. technik antenowych oraz budowy i strojenia anten i odbiorników radiowych

Do zespołu dołączają:

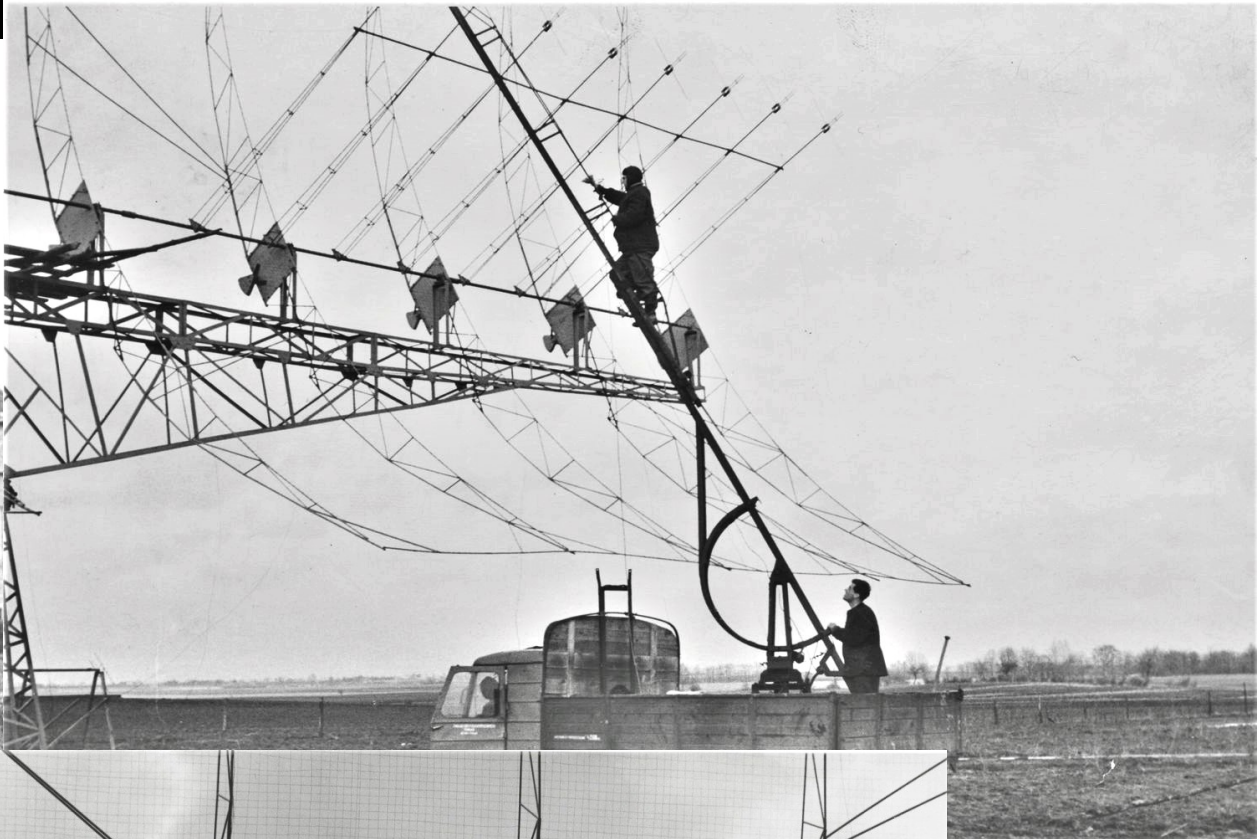
Zygmunt Turło, student fizyki **od 1958, mgr 1959, doktorat 1965, zatrudniony IPA PAN**

Mgr Jan Hanasz, **od roku 1959, doktorat 1963, zatrudniony w I PA PAN**

Mgr Bernard Krygier **od 1965, doktorat 1973**

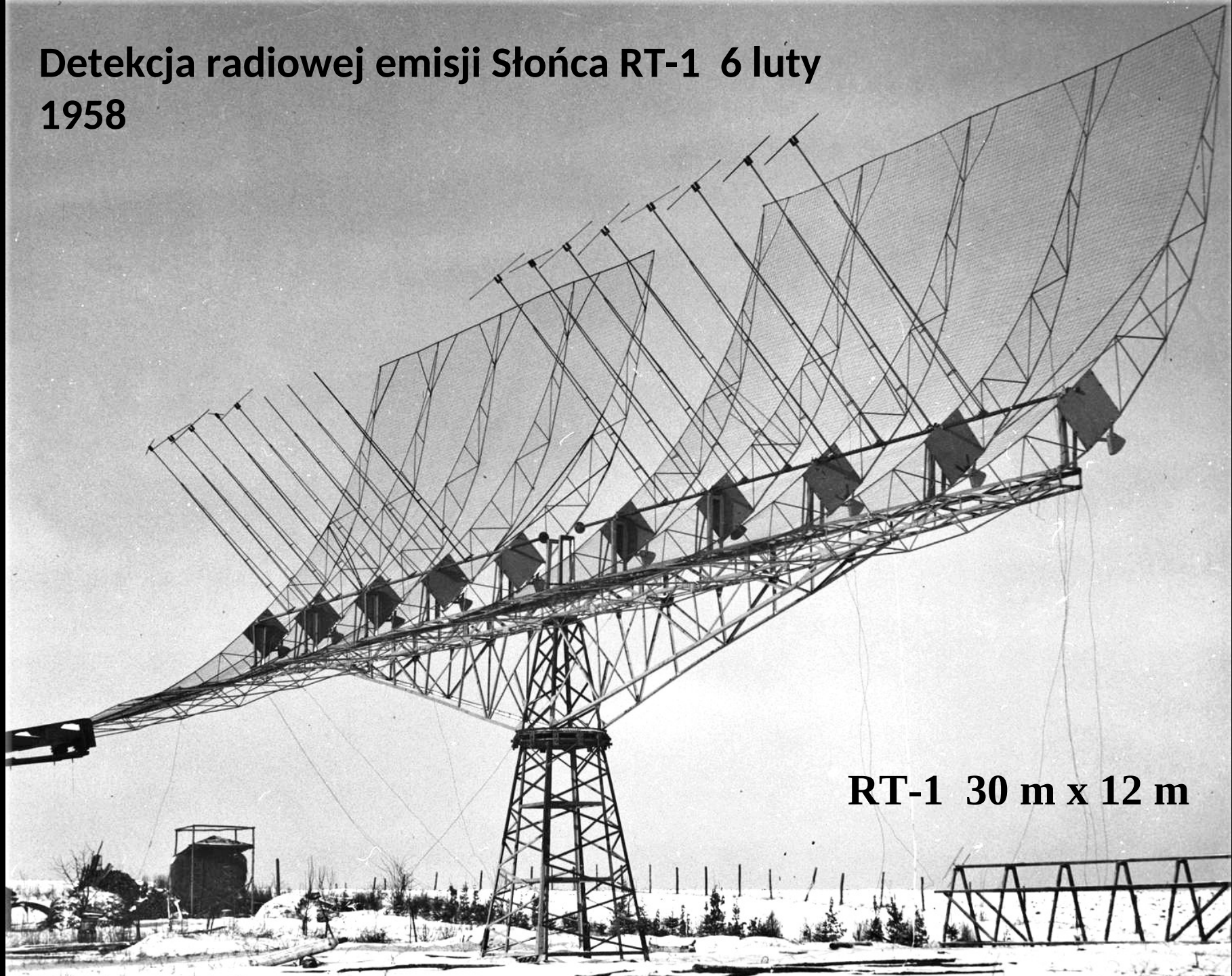


Budowa RT-1

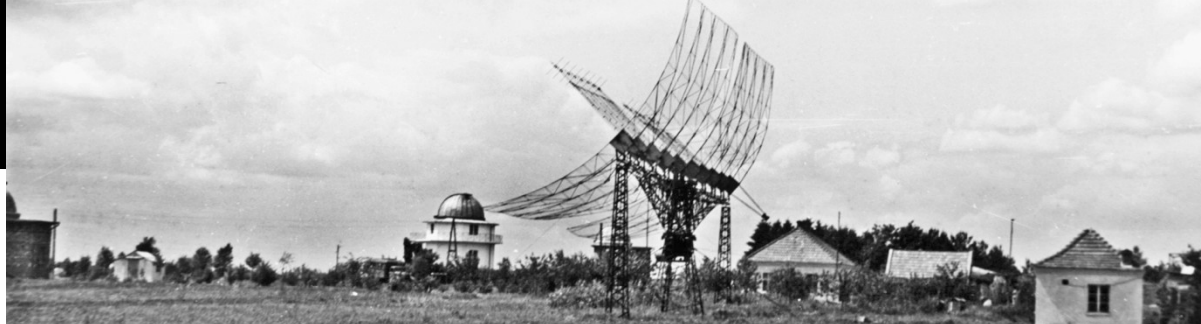


1957

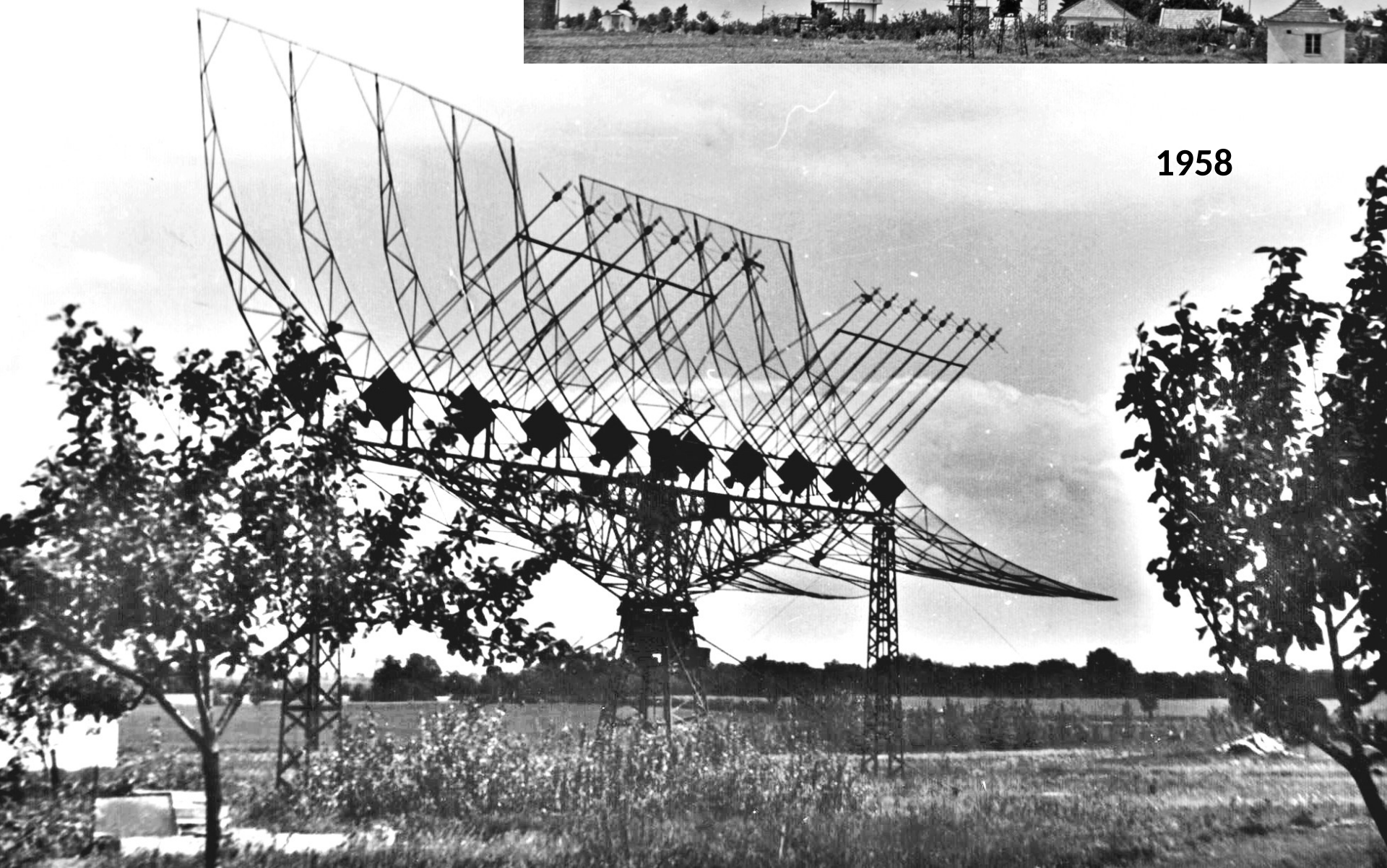
**Detekcja radiowej emisji Słońca RT-1 6 luty
1958**

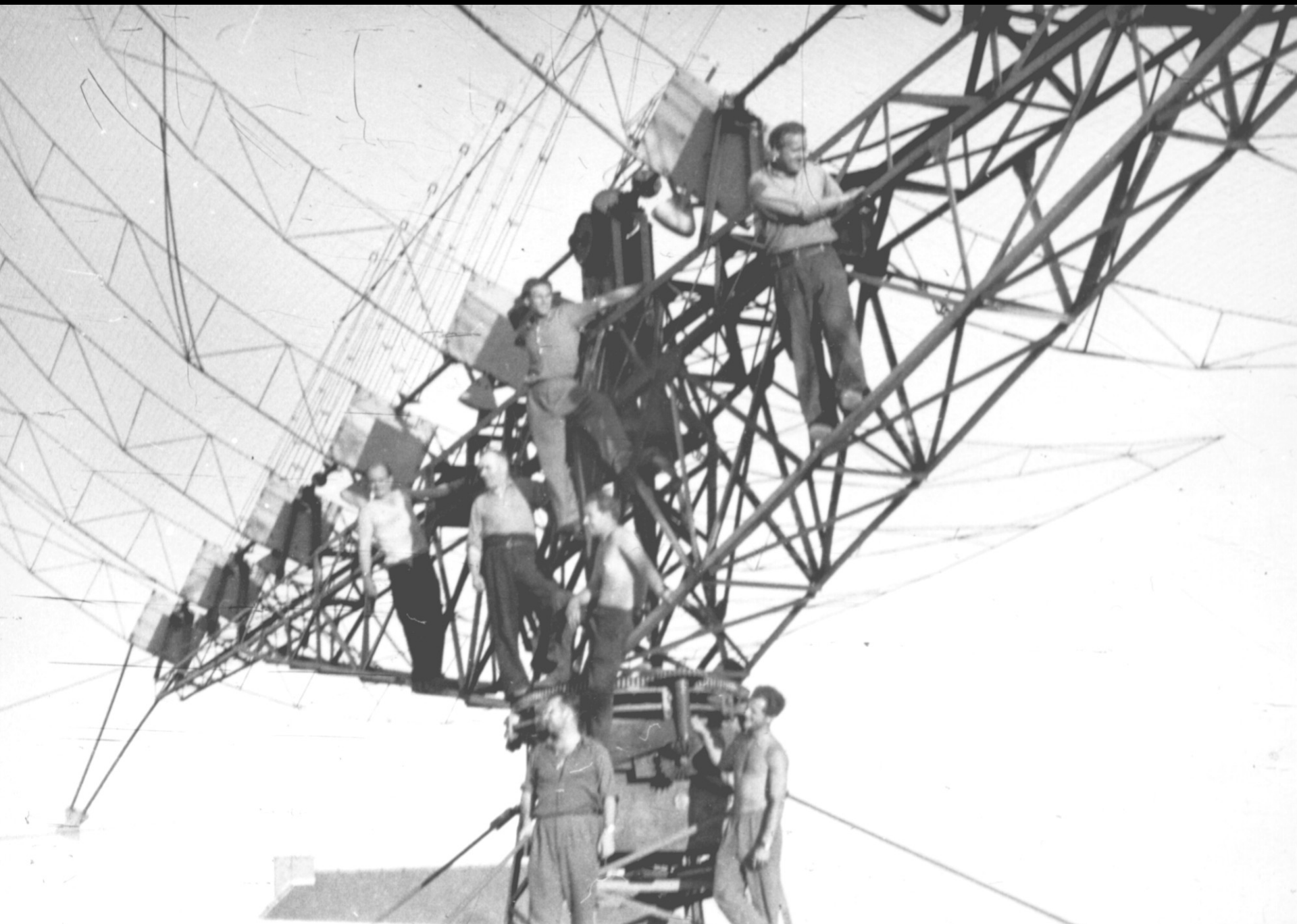


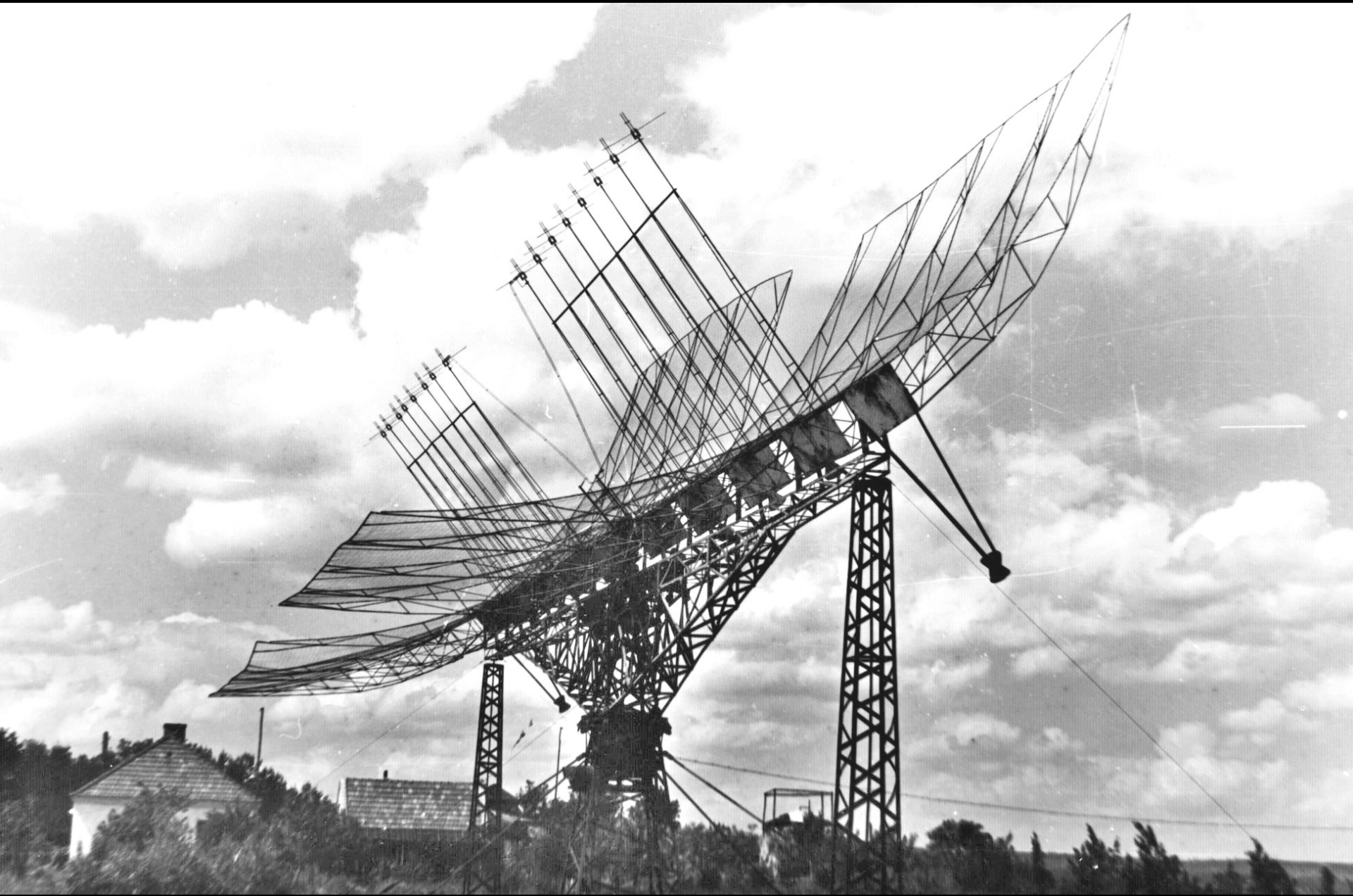
RT-1 30 m x 12 m



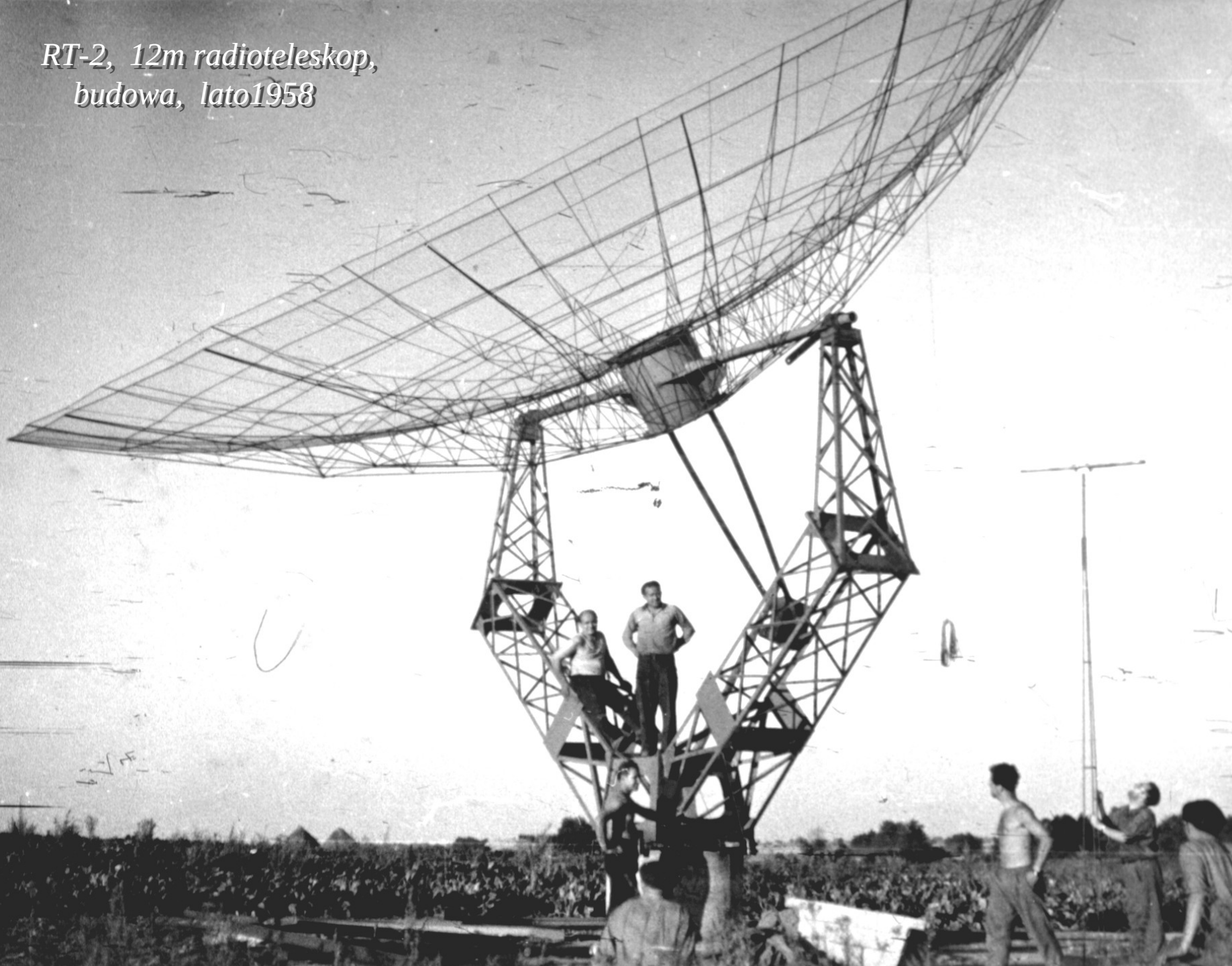
1958







*RT-2, 12m radioteleskop,
budowa, lato 1958*





Początki radioastronomii w Toruniu (UMK) cd.

Detekcja radiowej emisji Słońca RT-1 6 luty 1958, awaria 2/3 marzec 1968

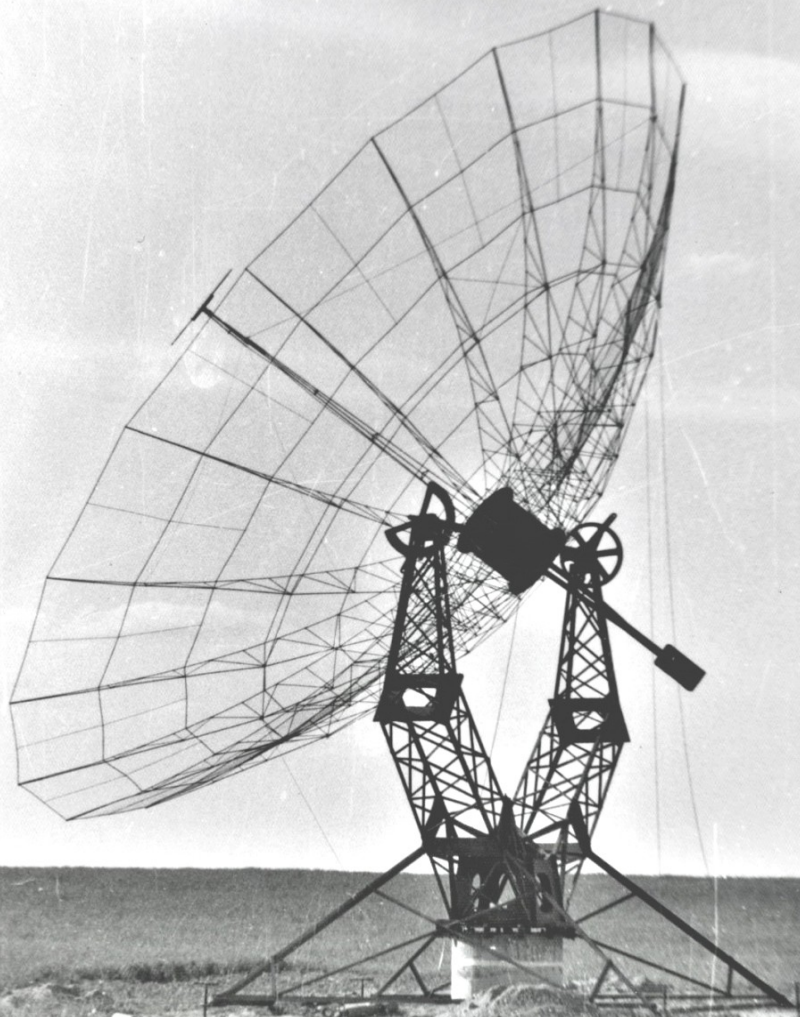
**Budowa RT-2 12m paraboliczna antena, $f=127$ MHz, $\lambda=2.36$ m (1958).
Łatwość obsługi, większa odporność na warunki pogodowe**

**Wyjazd mgr S.Gorgolewskiego na stypendium British Council do Cambridge, 1958-59,
12 miesięcy.**

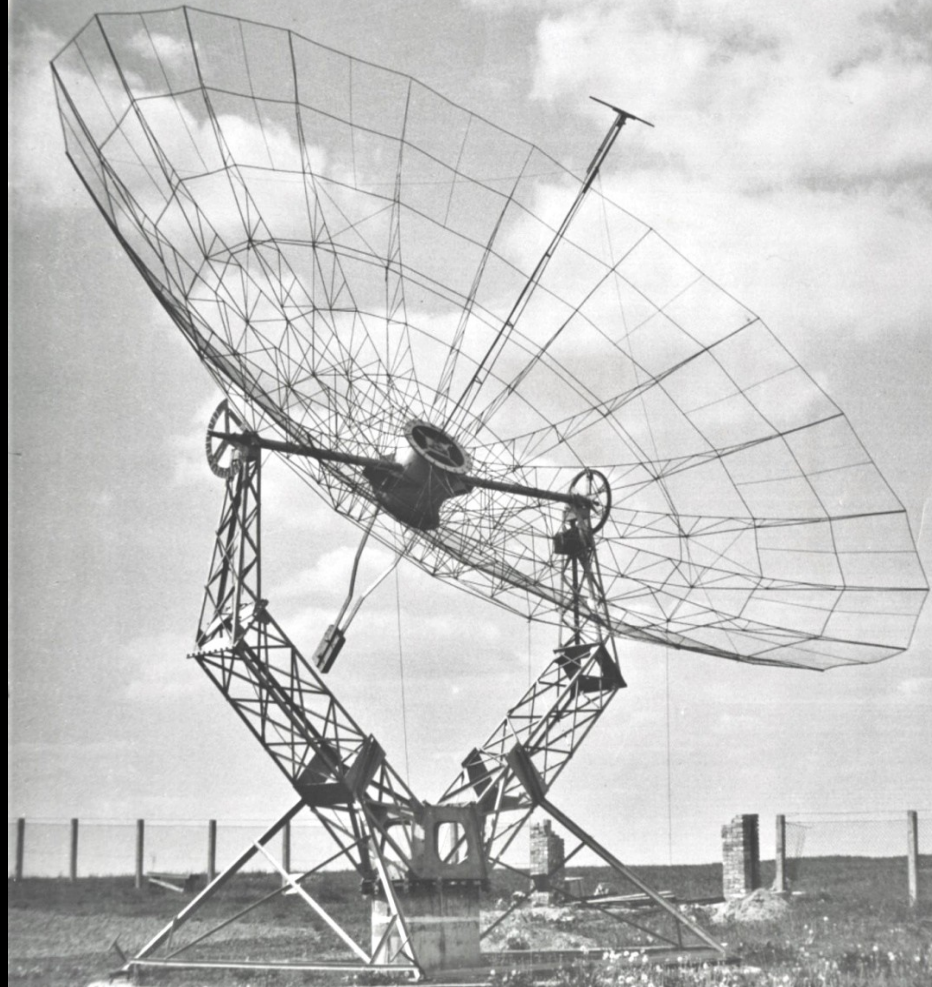
Rozpoczęcie codziennych pomiarów poziomu emisji radiowej Słońca 1959 na RT-2.

Antenę przesuвано co godzinę, uzyskując dziennie od 7 do 9 przejść Słońca przez wiązkę instrumentu. Odbierano fale o częstotliwości 127 MHz. Kalibrację wykonywano obserwując radioźródła Cassiopea A i Cygnus A, których strumienie dość dobrze znano.

Zespół naukowców skupionych wokół RT-2 dołączył do międzynarodowego projektu badawczego nazwanego Międzynarodowym Rokiem Geofizycznym 1957/1958.



RT-2 w "w polu za płotem" jesień 1958

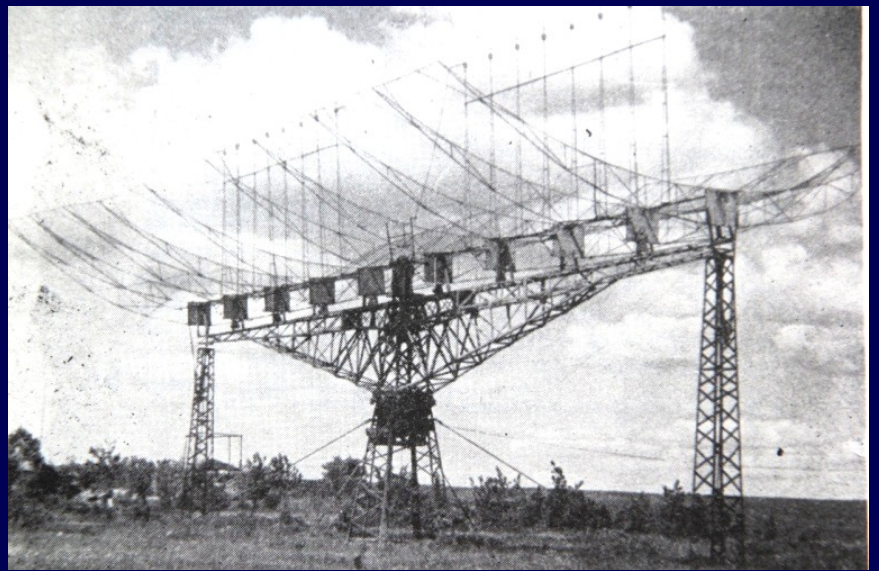


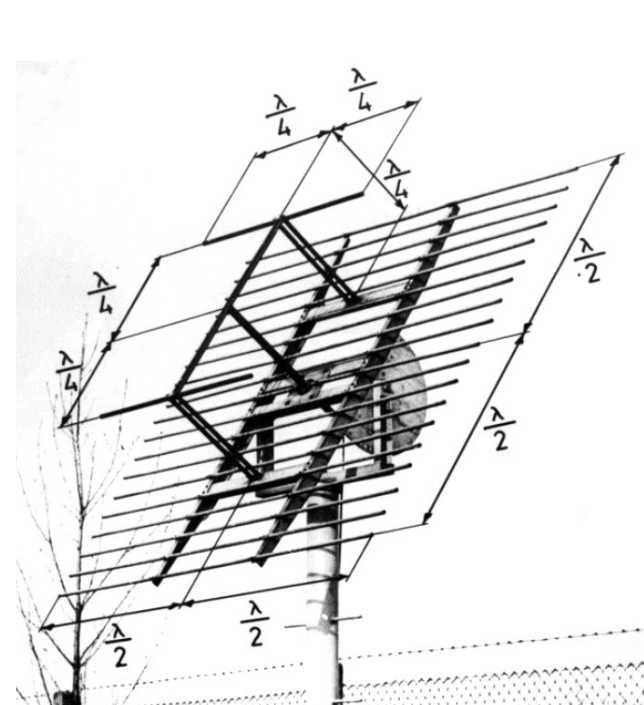
RT-2 w Obserwatorium, nowe ogrodzenie, 1969.

RT-2

RT-1





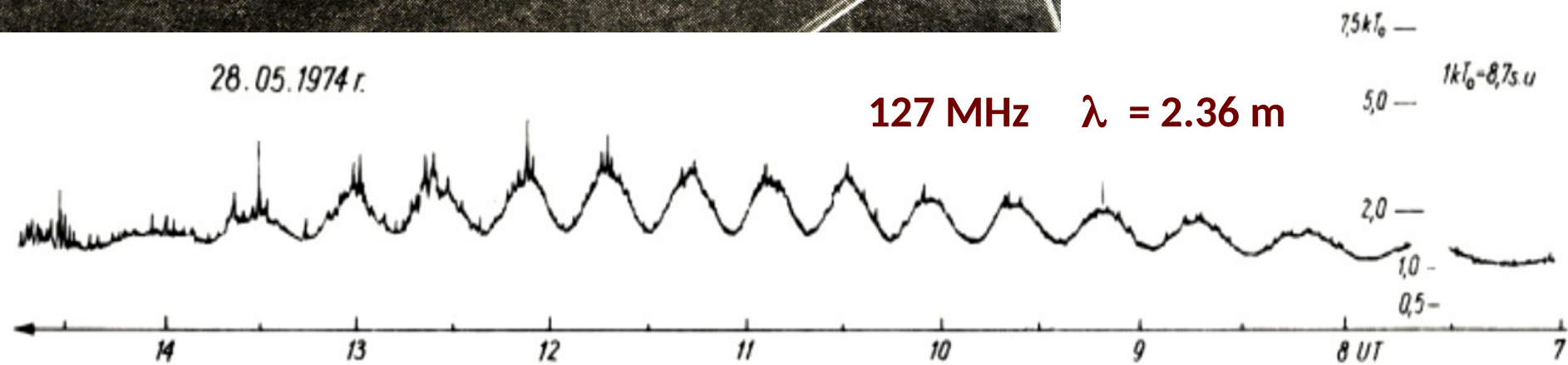


Od roku 1960 działa już interferometr „słoneczny”

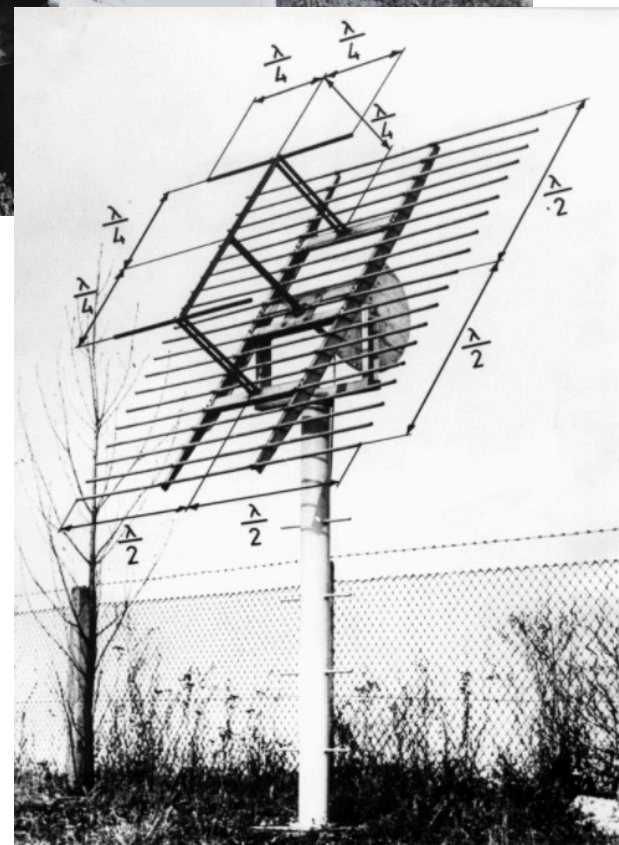
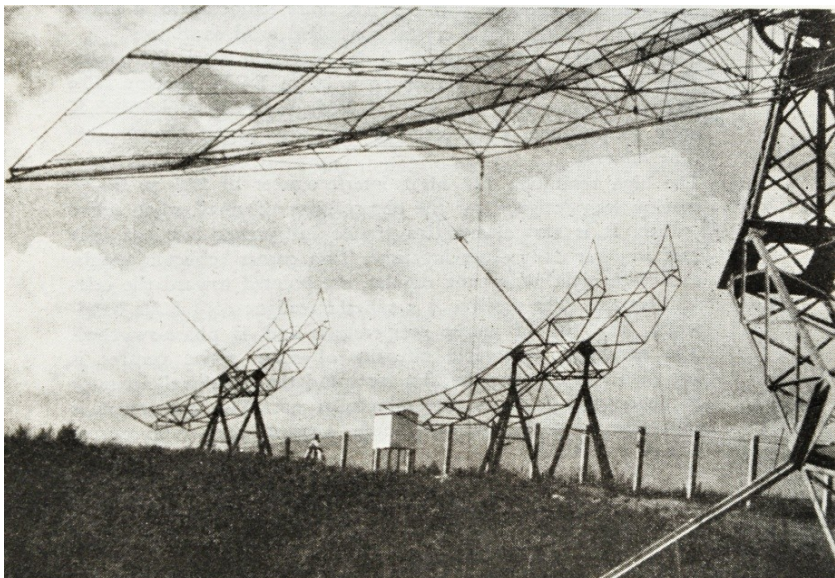
Nowe anteny od 1969 r.

28.05.1974 r.

127 MHz $\lambda = 2.36$ m



Systemy odbiorcze do monitorowania aktywności słonecznej
Modernizacja odbiornika i anten interferometru (AJK ~1969)
Później nowe odbiorniki Borkowski, Usowicz, Gorgolewski 1980



Przełomowe zmiany w jakości metod badawczych 1960-1970

Stypendium BC dla S.Gorgolewskiego, MRAO, prof. Ryle, prof. Hewish.

Doktorat z Cambridge obroniony na UMK 1960

„Okultacje radioźródła Taurus A przez koronę słoneczną na falach 7,9 m i 1,68 m”

Z W.Brytanii Sgo (1958/1959) wystał kilka skrzyń aparatury kupionej z demobilu wojskowego, za własne zaoszczędzone ze stypendium pieniądze.

Były to m.in. wzmacniacze w.cz., konwertery, przełączniki, lampy radiowe, itp., używane także w MRAO.

Dzięki tym podzespołom i zdobytemu doświadczeniu nastąpił zasadniczy przełom w jakości budowanej aparatury pomiarowej.

Uzyskano wyższą stabilność, czułość i niezawodność.

1960 rozpoczęto budowę dużego trójantenowego interferometru na pasmo 32 MHz

Habilitacja dr S.Gorgolewskiego 1963,

„Radiowe obserwacje superkorony Słońca w latach 1961, 1962, 1963”

Powstaje Zakładu Radioastronomii IA 1965r.

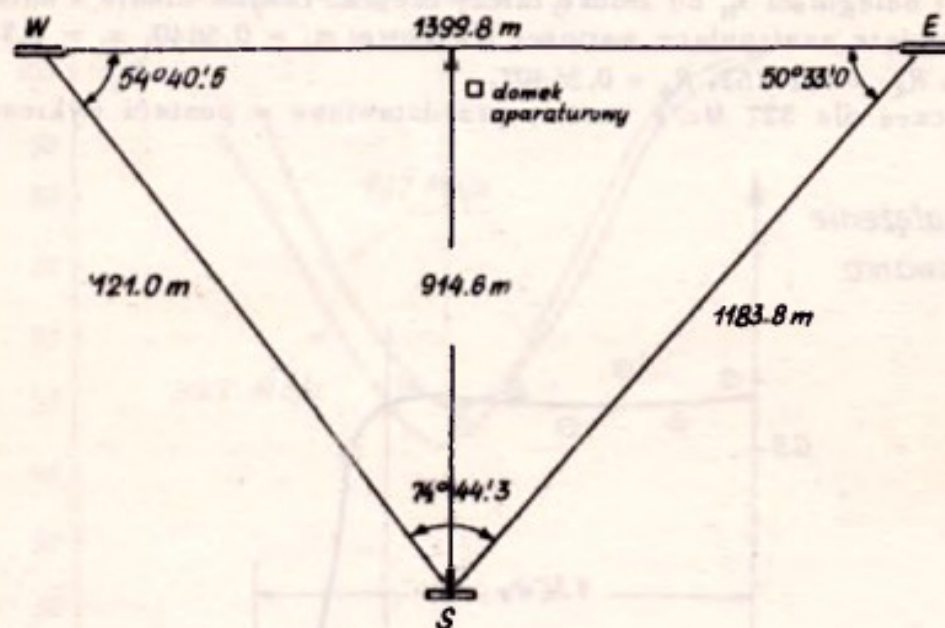
Kierownik Zakładu Doc. S. Gorgolewski.



TRÓJANTENOWY SYSTEM INTERFERENCYJNY OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNEGO UMK NA FAŁĘ O DŁUGOŚCI 9,32 M

S. GORGOLEWSKI, J. HANASZ, H. IWANISZEWSKI, Z. TURŁO

Dla obserwacji radioźródeł na falach rzędu 9 metrów, został zbudowany w Piwnicach duży system interferencyjny. System ten składa się z 3-ch anten, środki których stanowią wierzchołki trójkąta o podstawie 1399,8 m w kierunku Wschód-Zachód i wysokości 914,6 m w kierunku południowym. Anteny te tworzą potrójny interferometr o następujących bazach: 1) baza E-W 1399,8 m, 2) baza E-S 1183,8 m, 3) baza W-S 1121,0 m (rys. 1). Każda



Rys. 1. Plan sytuacyjny trójantenowego systemu interferencyjnego

z anten potrójnego interferometru składa się z zespołu 8 dipoli o długości $0,75 \lambda$ każdy, oddległych od siebie o λ . Dipole te umieszczone są wzdłuż linii dwusiecznej kąta reflektora narożnikowego o kącie rozwarcia 90° . Sznur dipoli podwieszony jest na odległości $0,35 \lambda$ od linii przecięcia się płaszczyzn reflektora (rys. 2). Wymiary reflektora każdej anteny wynoszą $80 \times 7 \times 6$ m. Powierzchnie odbijające wykonano ze stalowych cynko-

Interferometr $f=32,3$ MHz, $\lambda=9,2$ m - okultacje Tau-A, 4-50 R_o

Badania korony słonecznej: Gorgolewski, Hanasz, Iwaniszewski, Turło

Ref.: *AcA, Vol. 12, p.251, AcA, Vol. 15, p.26*

B.Krygier, <https://adsabs.harvard.edu/full/1970AcA...20..149K>

Interferometr działał od maja 1961r przez ponad 10 lat
1963 habilitacja dr S.Gorgolewskiego, 1972 doktorat B.Krygiera

80m x 7m x 6m

1399m (~150 λ)

914m

Obserwatorium
Astronomiczne W...

Różankowo

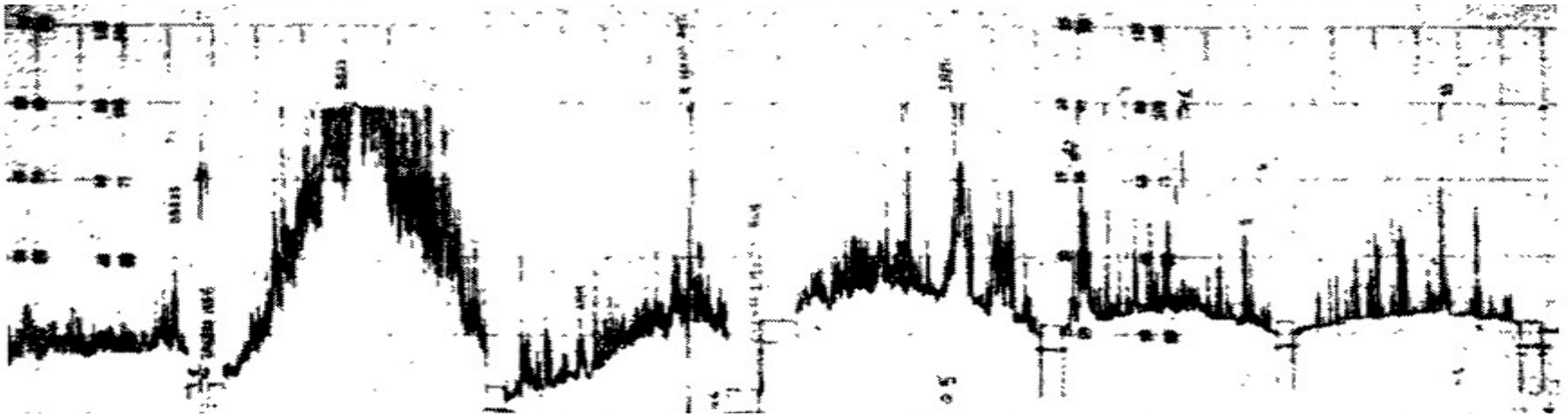
Piwnice

Google

Monitorowanie emisji radiowej Słońca na 127MHz $\lambda=2,36\text{m}$

RT2, D=12m (5 λ), wiązka = 12deg, tranzyt przez wiązkę ok. 1 godziny

Detekcja radiowej emisji Słońca spokojnego 17 listopad 1958 r



https://www.urania.edu.pl/pliki/archiwum/postepy_astronomii_1962.pdf

Miesięczne raporty z codziennych pomiarów publikowane były od 1962 r. w
Quarterly Bulletin on Solar Activity (QBSA)

Poprawa jakości i niezawodności programu monitorowania => **interferometr słoneczny**

Znormalizowana amplituda listków interferencyjnych (Fringe visibility function) dla tego interferometru $d=100-150\lambda$

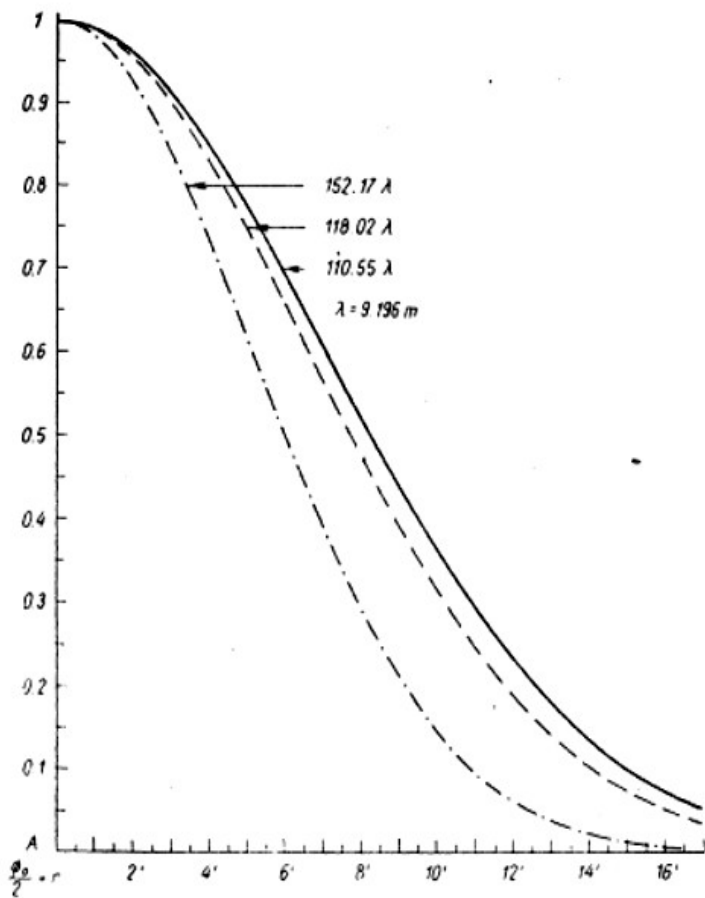
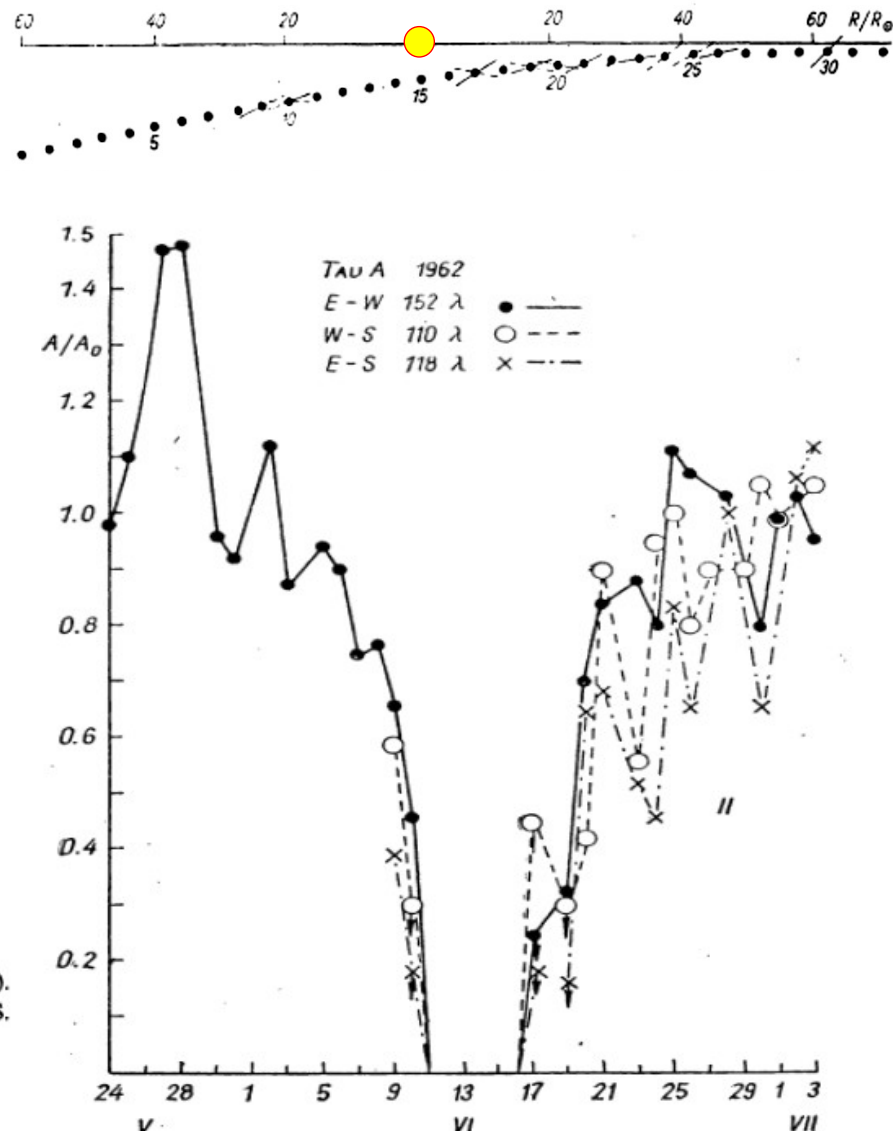


Fig. 2. The dependence of fringe amplitudes (A) on the scattered radius of Tau A (r). The observations of 1962, spacings; $152'17 \lambda$ E—W, $118'02 \lambda$ E—S, $110'55 \lambda$ W—S.



Historia radioastronomii na UMK 1967-1975

Projekty na rocznicę urodzin Mikołaja Kopernika (UMK PAN):

*1965 Ośrodek Radioastronomii UMK - PAN koncepcja i budowa.
Duży interferometr $5 \times 25\text{m}$ albo $3 \times 30\text{m}$, $B_{\max} \sim 1500\text{m}$.*

*W 1968 propozycja AN ZSSR do PAN – program kosmiczny.
Doc. S.Gorgolewski przedstawia projekt radiospektrografu
 $0,6\text{-}6\text{ MHz}$ do umieszczenia na satelicie INTERKOSMOS.
Wykonanie Inst. Lot., finansowanie PAN, koordynacja dr J.Hanasz
Wyniesiony na orbitę 19 kwietnia 1973 r., pracował 6 miesięcy*

Rocznica Kopernikańska 1973

Ośrodek Radioastronomii UMK-PAN

1965 Pierwotna **koncepcja budowy Zakładu Radioastronomii** w Piwnicach przekształciła się pod koniec 1965r. w koncepcję budowy Ośrodka Radioastronomii UMK-PAN, z dużą kubaturą i nowoczesnymi radioteleskopami.

Owocne i optymistyczne okazały się wizyty Dyrektora Departamentu Inwestycji Ministerstwa Oświaty i Sz. Wyższego, a później Prezesa PAN prof. J.Groszkowskiego.

Wyrazili oni **pełne poparcie dla idei Ośrodka, jako ważnego naukowego przedsięwzięcia w ramach obchodów rocznicy kopernikańskiej.**

1967 czerwiec. Rektor UMK (prof. dr h.c. Witold Łukaszewicz) powołuje **zespół do opracowania wstępnej koncepcji budowy Ośrodka Radioastronomii UMK-PAN** jako ważnej inwestycji związanej z 500 rocznicą urodzin Patrona Uczelni.

W skład weszli **Doc.S.Gorgolewski, dr J.Hanasz, dr Z.Turło. mgr inż. M.Kaczmarek** (dyr. Adm. UMK). Kierownictwo zespołu S.Go, a po jego wyjeździe do USA obejmuje na rok dr Z.Turło.

1968 Koncepcja opracowana przez zespół Rektora UMK przedstawiona została przez Rektora Łukaszewicza na posiedzeniu Komisji Planowania przy Radzie Ministrów 10 maja 1968r. i została przyjęta do realizacji.

Rada Naukowa MO i Sz.W. wydała pozytywną opinię w grudniu 1968r.

W styczniu **1969 Senat UMK zaakceptował decyzję budowy** i wpisał do zadań inwestycyjnych UMK.

Początek roku **1969**, wizyta **doc. Gorgolewskiego, dr Z.Turły** wraz z inżynierami z firmy **BIPROHUT** specjalistami od konstrukcji anten (m.in. inż.. Śledziwski i inż. Bujakowski), sterowania i urządzeń odbiorczych **jadą do Leiden i Dwingeloo w Holandii.**

Spotkanie i konsultacje z prof. J.H. Oortem i inżynierami projektującymi 25m anteny holenderskie. Pełna współpraca i otwartość, dostęp do szczegółowej dokumentacji .

Na podstawie tych konsultacji **powstaje uaktualniona koncepcja Ośrodka RA.**

Zostaje ona przyjęta przez Komisję Planowania M. O. i Sz.W. już w kwietniu 1969 r.

W **1970** roku SGo zostaje mianowany na stanowisko profesora nadzwyczajnego .

Pod koniec roku **1970** zapadły niekorzystne **decyzje PAN**, która wycofała ofertę współudziału w finansowaniu budowy Ośrodka.

Spowodowało to konieczność wprowadzenia korekt do wcześniejszych uchwał rządowych.

Ambitny **plan budowy Ośrodka UMK-PAN został przesunięty „na przyszłość”** ale jako

Pierwszy etap przyjęto ograniczone inwestycje kubaturowe

dla zaspokojenia potrzeb Zakładu Radioastronomii.

2 lipca 1971 uaktualniona zostaje **uchwała rządowa** dotycząca prac przygotowawczych do obchodów 500-lecia urodzin M.Kopernika, zapaliła **zielone światło** dla budowy kompleksowej **kubatury dla Zakładu Radioastronomii** z terminem wykonania ustalonym na 31 sierpnia 1973r.

1972-73. Prace nad projektem (Pracownia Urbanistyczna PW) oraz koordynacja inwestycji przez UMK (Dział Inwestycji) pozwoliły wejść ekipom budowlanym 15 sierpnia 1972r.

W rekordowo krótkim czasie 1 roku prace budowlane (TPBO) zostały zakończone w terminie. Dokładnie na czas Nadzwyczajnego Zjazdu MUA (Sympozja w Kraków-Toruń-Warszawa).

Ośrodek Radioastronomii UMK(-PAN), budowa ośrodka 1971-1973

Koncepcja ośrodka 04.1969, uchwała Rady Ministrów 2.07.1971 – „Zakład Radioastronomii”
dokumentacja gotowa wiosną 1972, budowa kubatury i wyposażenie 15.08.1972-31.08.1973

Czerwiec 1973 r.



Interkosmos - Kopernik 500. Pod koniec lat 60-tych astronomowie z ZSRR zaproponowali polskiemu astronomom budowę i umieszczenie na orbicie specjalnego satelity poświęconego 500 rocznicy urodzin M.Kopernika.

Doc. S.Grzędzielski z PAN zwrócił się do kierownika Zakładu Radioastronomii doc. Gorgolewskiego z propozycją współpracy. **Doc. Gorgolewski zaproponował eksperyment pod nazwą „Słoneczny Spektrograf Radiowy”** do badań korony słonecznej. Propozycja została przyjęta i zespoły Zakładu Radioastronomii UMK kierowany przez SGo oraz I Pracowni PAN pod kierunkiem dr Jana Hanasza rozpoczęły wspólnie pracę nad projektem.

Eksperyment finansowała w całości Polska Akademia Nauk.

Głównym koordynatorem był dr J.Hanasz. Prototypowe podzespoły wykonywano w Piwnicach, jego wersję „lotną” zbudowano w Instytucie Lotnictwa w Warszawie pod kierunkiem zespołów PAN i UMK.

Spektrograf został wystrzelony na orbitę w ZSRR na satelicie „Interkosmos 9 – Kopernik 500”

w dniu 19 kwietnia 1973.

Aparatura działała przez kilka (6+) miesięcy dostarczając na ziemię unikatowe wyniki.

Przez wiele lat był to pierwszy i najpoważniejszy projekt kosmiczny realizowany przez polskich astronomów.



Zapasowy egzemplarz radiospektrografu Kopernik-500

Przechowywany jest w budynku Radioastronomii w Piwnicach



43 MHz
antena stacionarna

*Radiowy przegląd okolicy bieguna
na częstotliwości 43 MHz*

super synteza apertury

Antena przestawiana - ruchoma



$$f=43,1 \text{ MHz} \Rightarrow \lambda = 6,97 \text{ m}$$

Zmieniana długość bazy interferometru, od 50m do 690m,
co 24 godziny, o $s=10\text{m}$



66 pozycji anteny ruchomej

(i tyle samo niezależnych interferometrów), skok (s) co $1,35 \lambda$

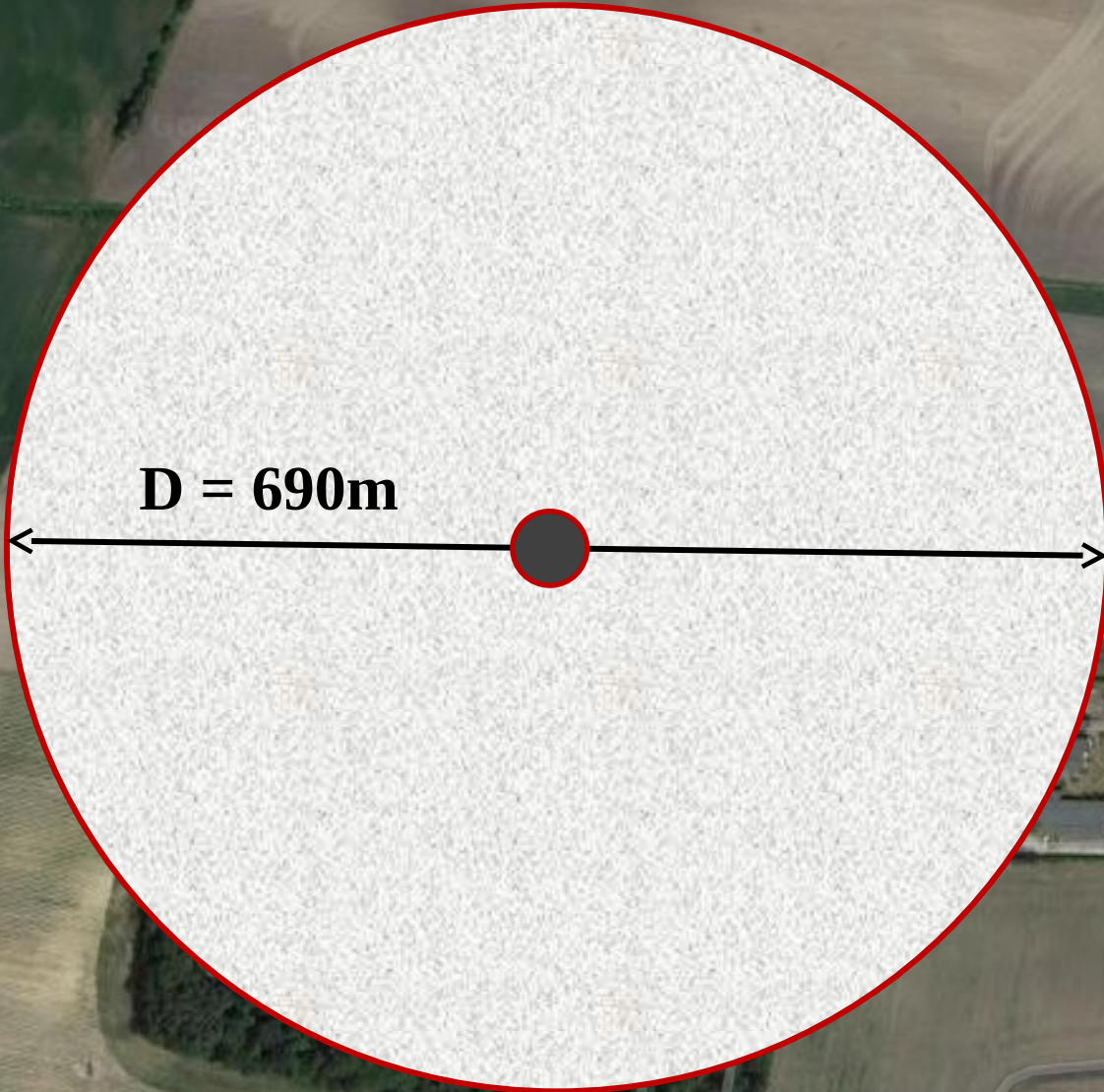
90 nocy obserwacyjnych od stycznia do końca kwietnia 1973 roku
+ powtórzone 20 obserwacji



D = 690m

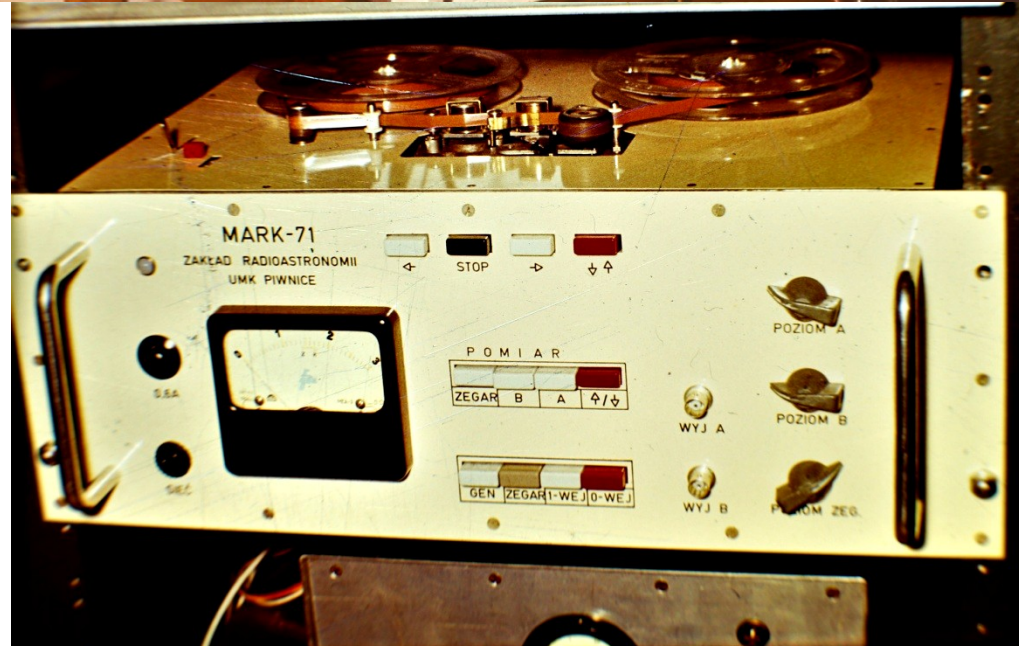
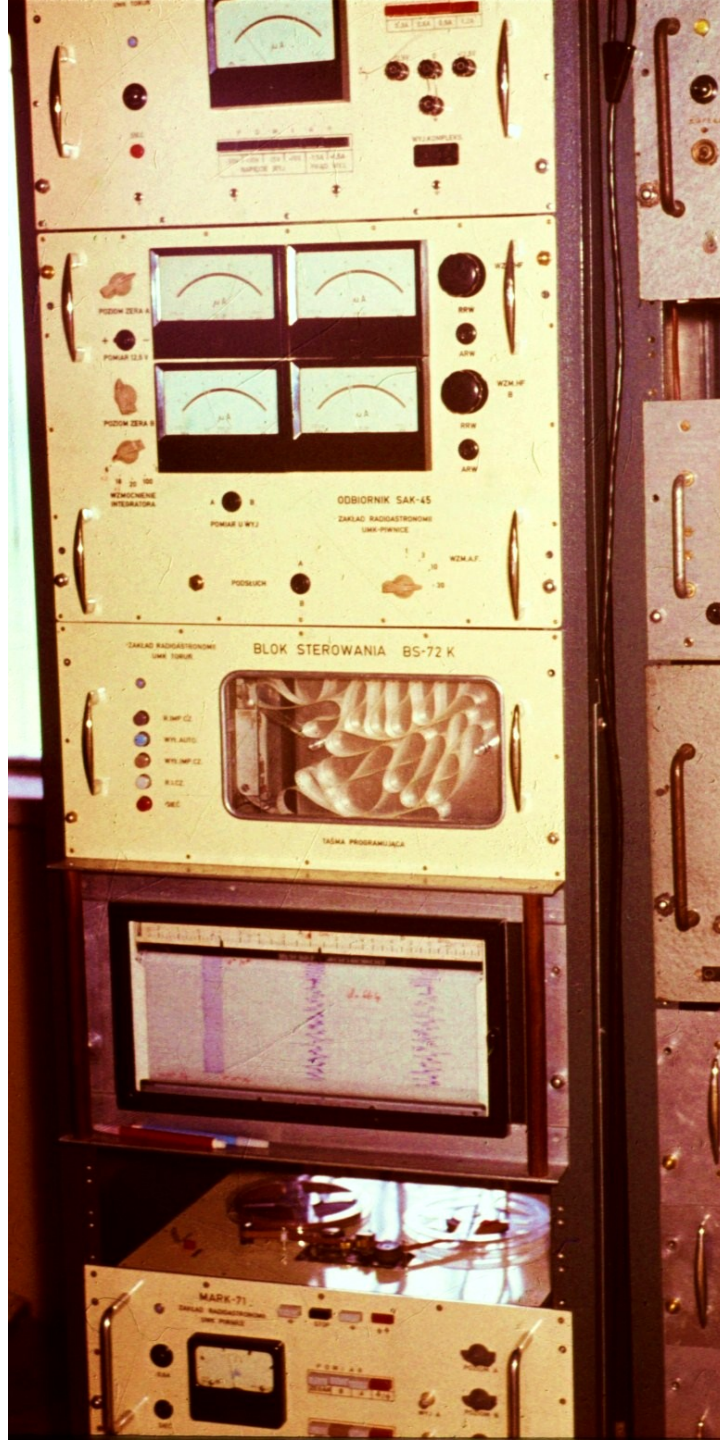
Obserwatorium
Astronomiczne w...

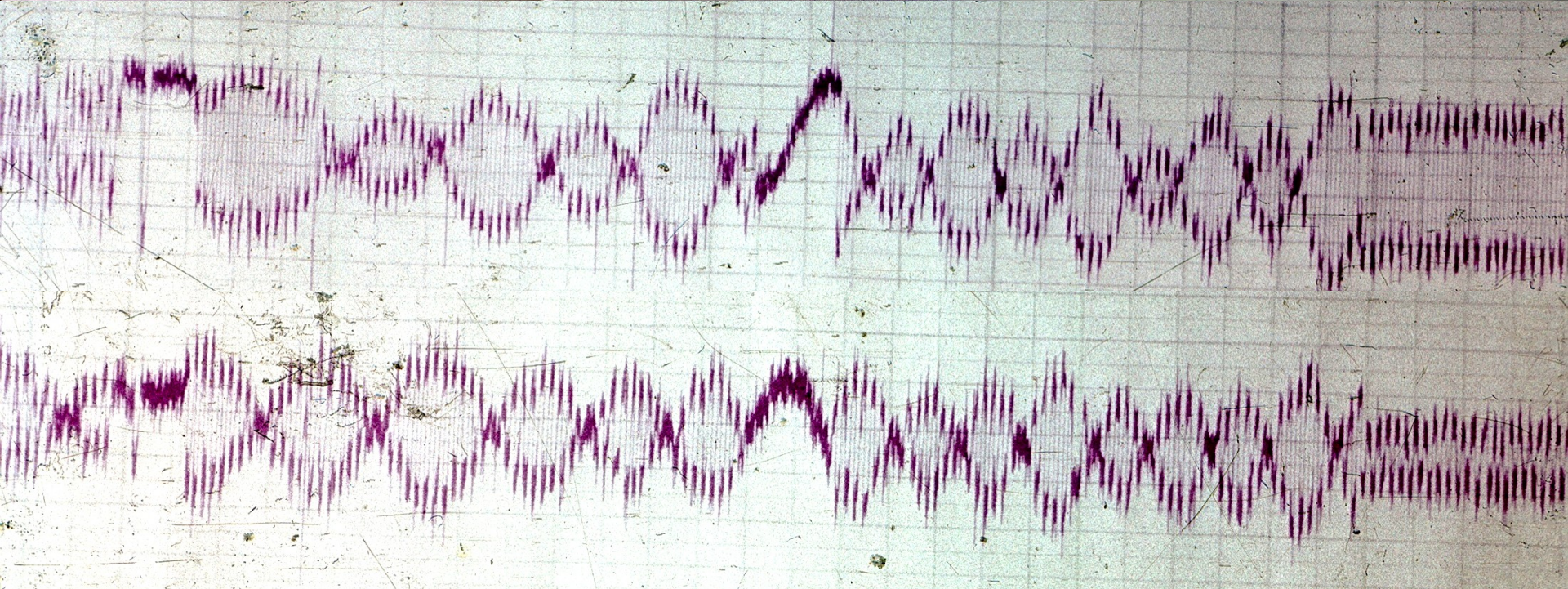
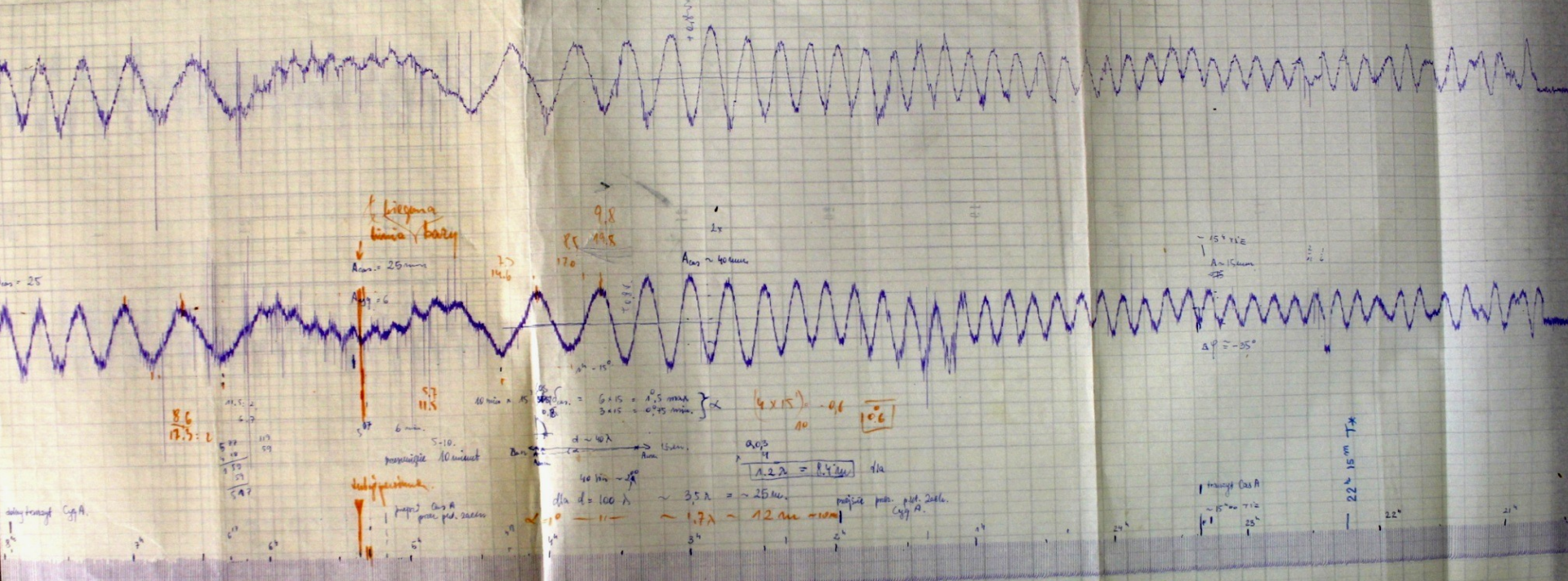
Google

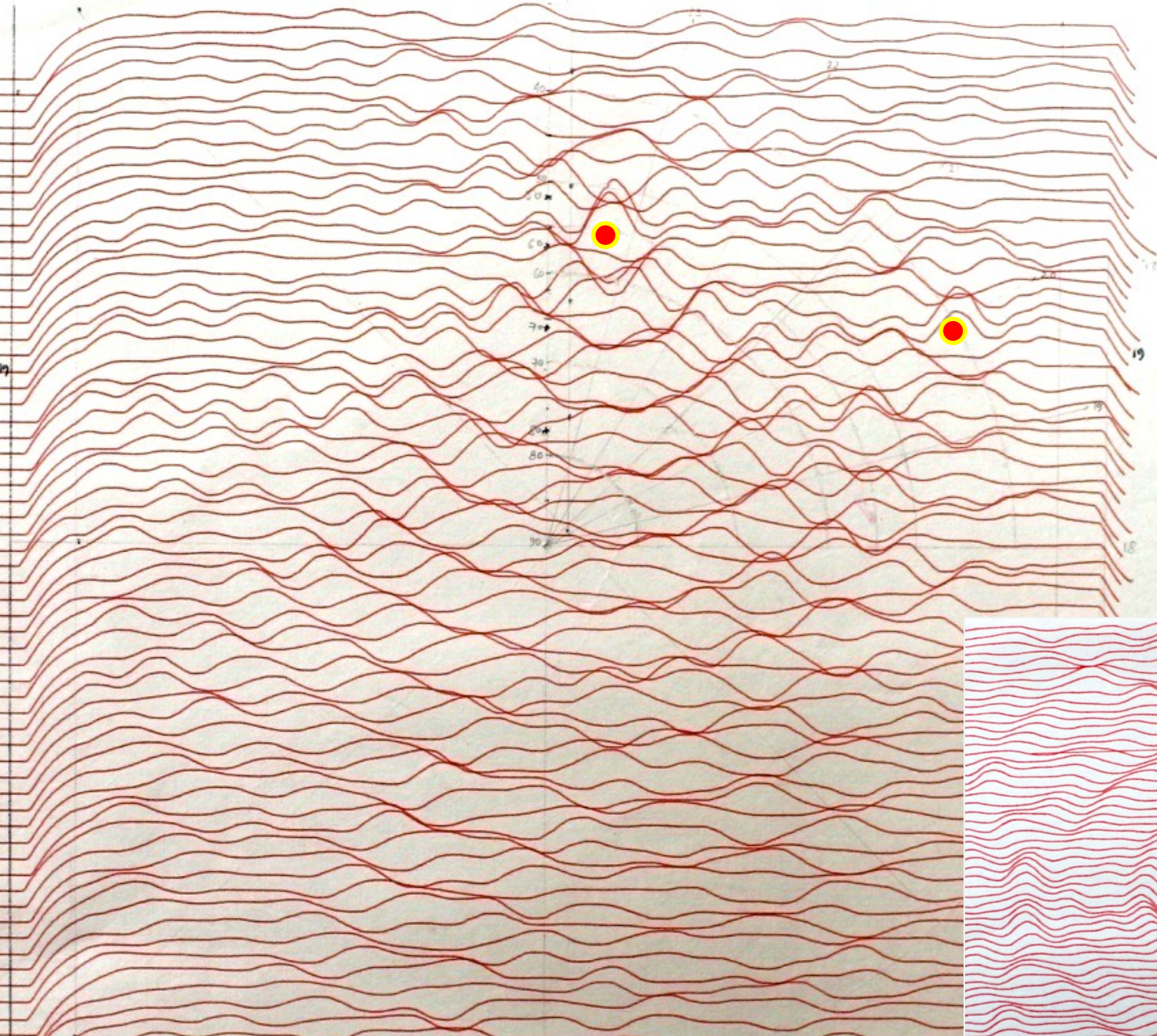


Obserwatorium
Astronomiczne w...

Google



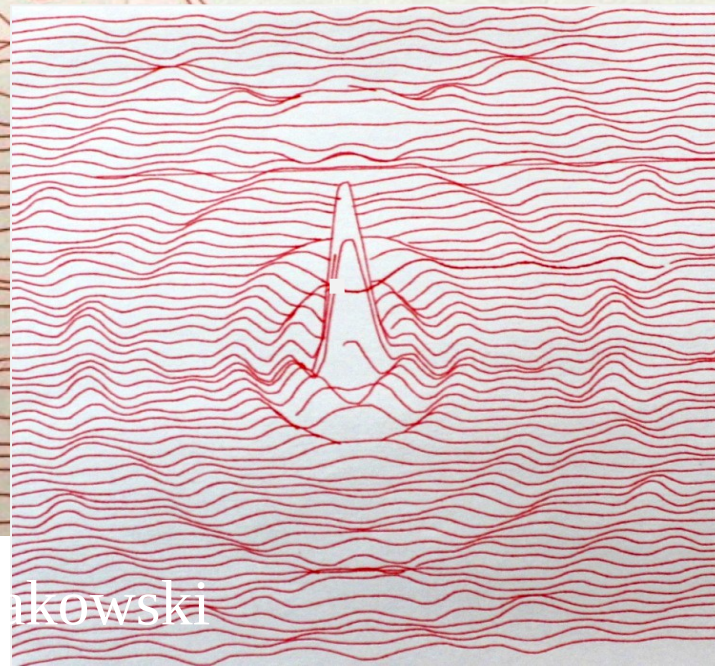




Cas A, Cyg A
 artificially generated.
 $N=1$; $\frac{P}{\lambda} = 20$

Plotter:
 speed: 4
 sens: 15
 d.-a. conv.:
 $40 + 160$ us

	α	δ
Cas A	$23^{\circ} 21' 11''$	$+ 58^{\circ} 33'$
Cyg A	$19^{\circ} 57' 45''$	$+ 40^{\circ} 36'$

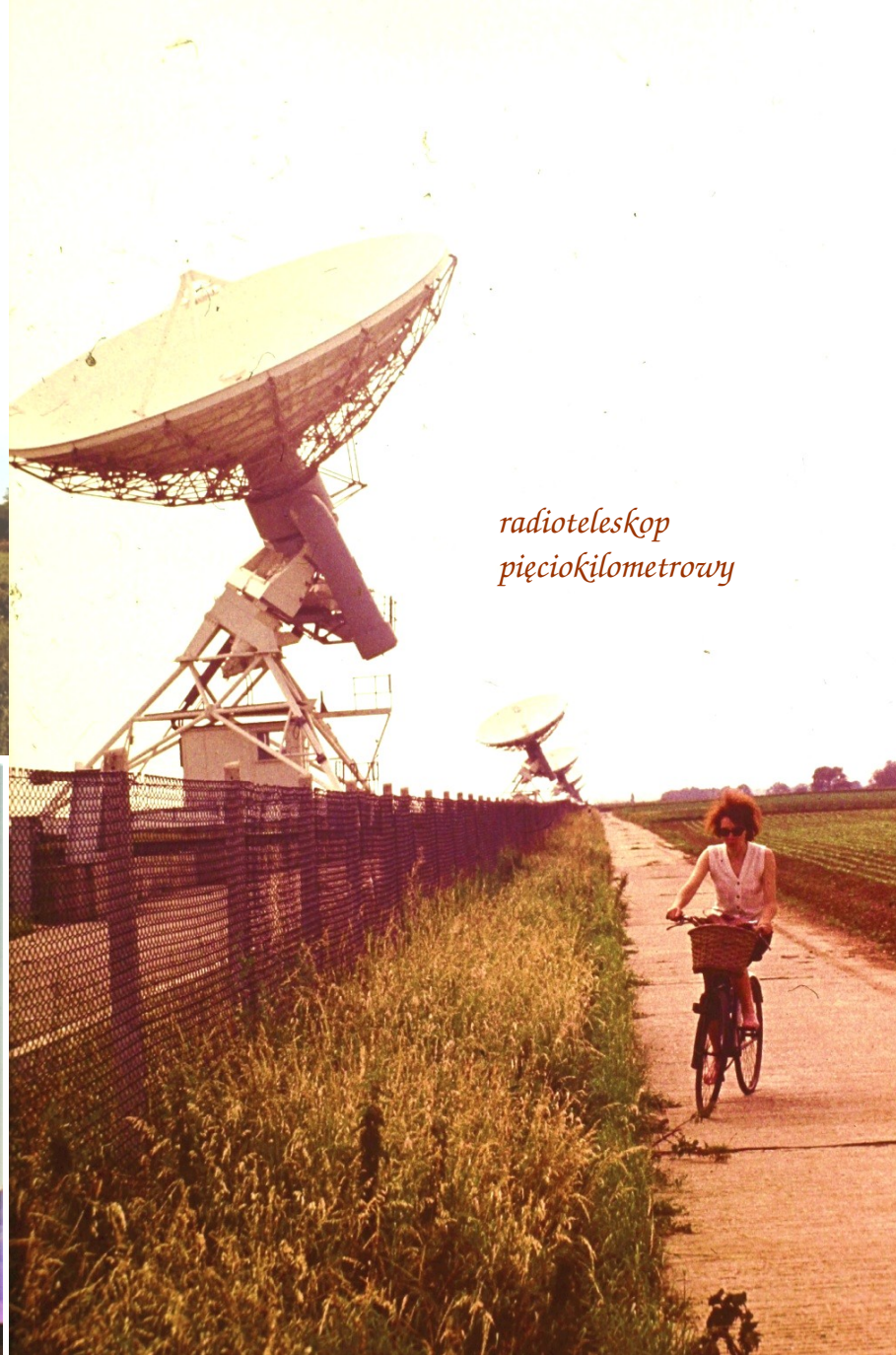


akowski



radioteleskop półmilowy

Antena ruchoma radioteleskopu jednomilowego



*radioteleskop
pięciokilometrowy*



radioteleskop 4C

Cavendish Laboratory



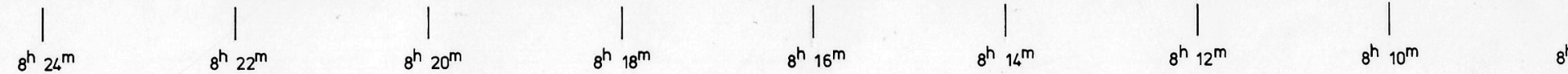
Physics Research Students

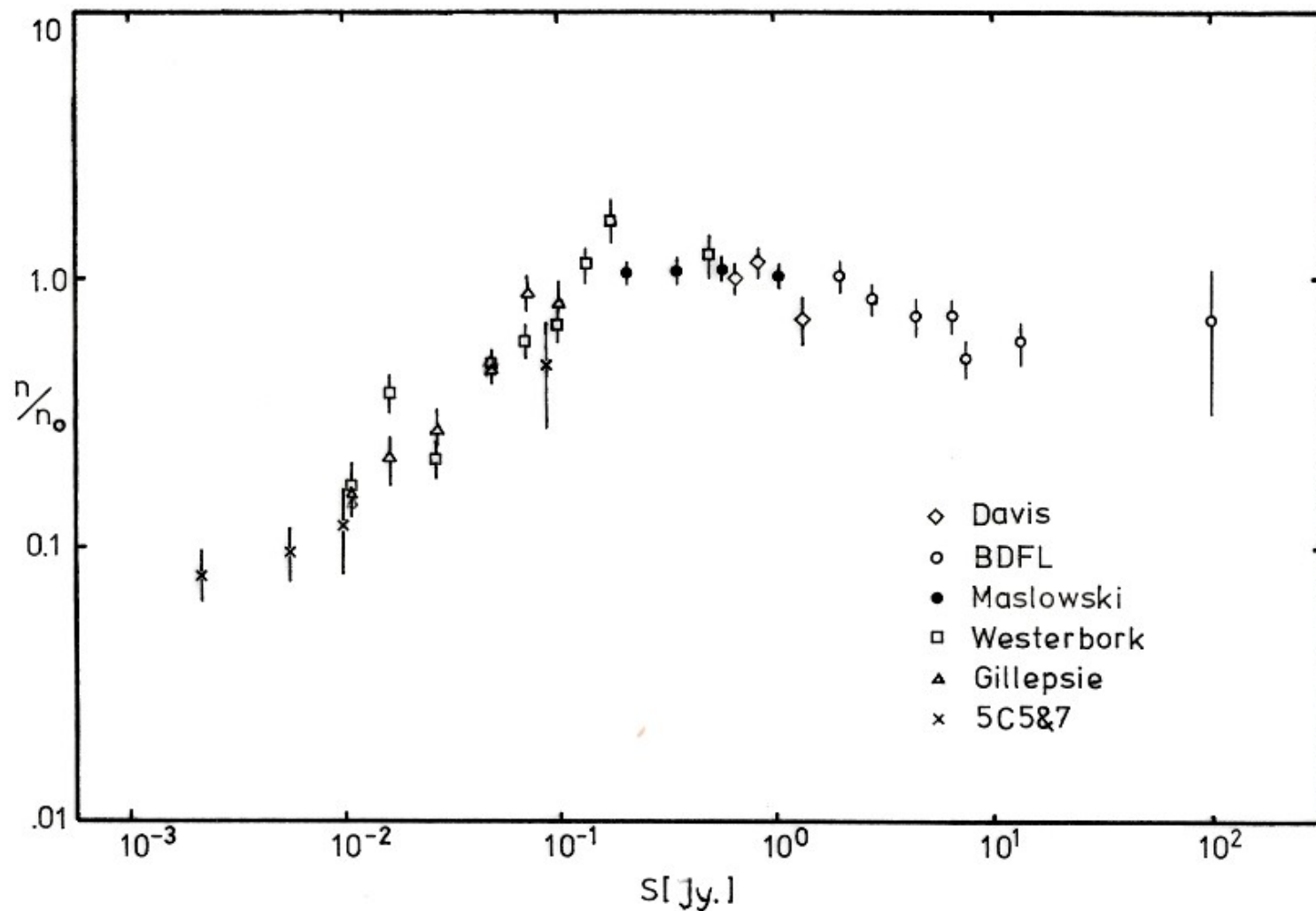


Cambridge 1974

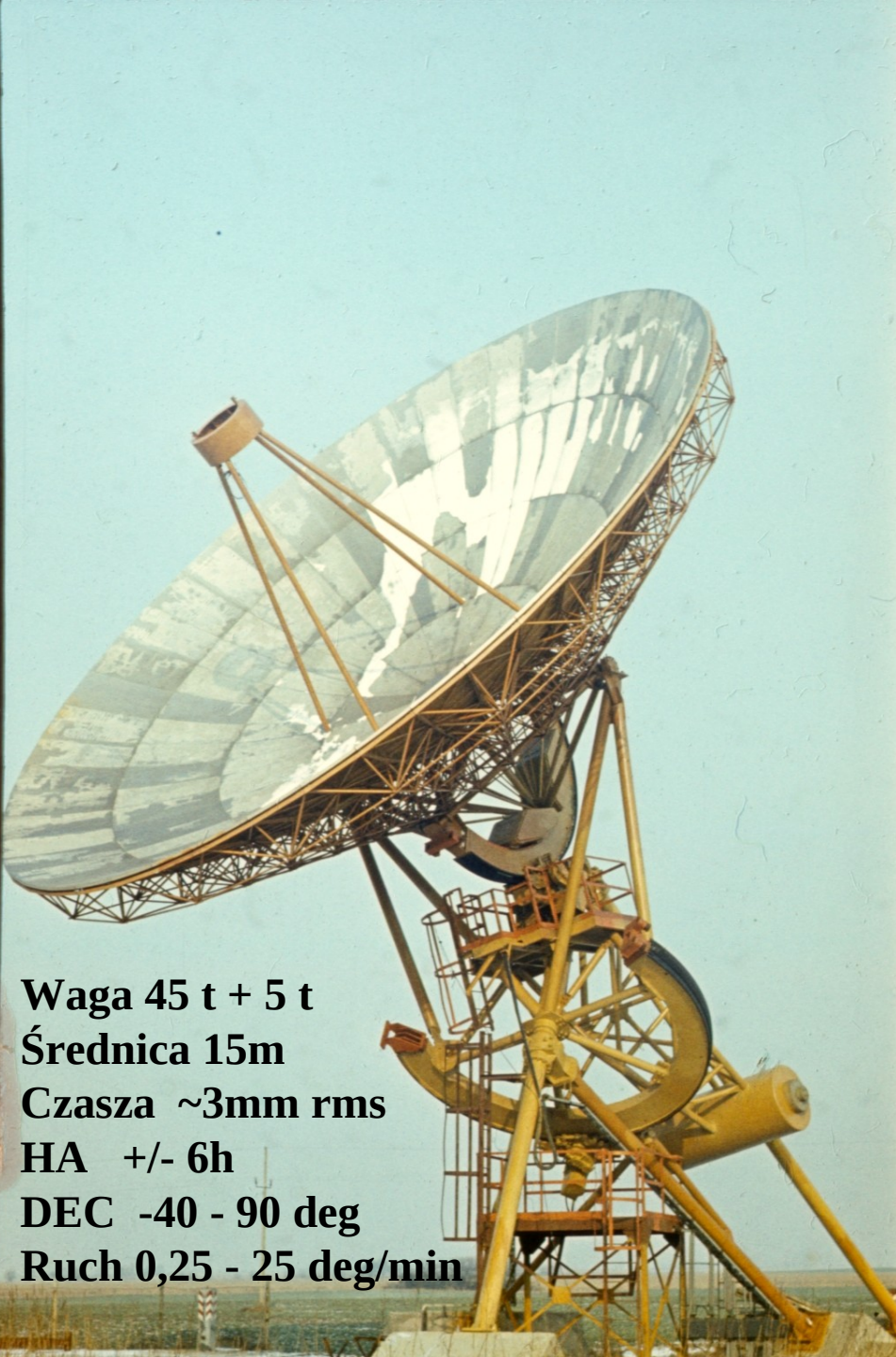
5C7

Detekcja ponad 250 nowych radioźródeł o strumieniach > 1 mJy





Rys.32 Zestawienie większości danych z przeglądów w pobliżu 1400 MHz. Zliczenia znormalizowano dla $N_0 = 200 \text{ sr}^{-1}$ i $S = 1 \text{ f.u.}$



RT-3

Projekt techniczny wykonał zespół BIBROHUT,
pod kierunkiem inż. Śledziewskiego i inż.
Bujakowskiego grudzień 1974.
Czyn społeczny na rocznicę MK.

Budowa w latach **1974-1977**

Wykonawcy: MOSTOSTAL + 7 firm.

Koordinacja dr Z.Turło + pomoc Działu
Inwestycji UMK

Aparatura kompletowana w 1977-1980

- Odbiorniki : 408 MHz, **609 MHz,**
- 1420 MHz, 1660 MHz, **5 GHz, 10,7 GHz.**
- Terminal VLBI Mk IIc
- Spektrograf autokorelacyjny
- Sterowanie: Momik 8b, M400, SM1420
Astron, MPIfR

Waga 45 t + 5 t

Średnica 15m

Czasza ~3mm rms

HA +/- 6h

DEC -40 - 90 deg

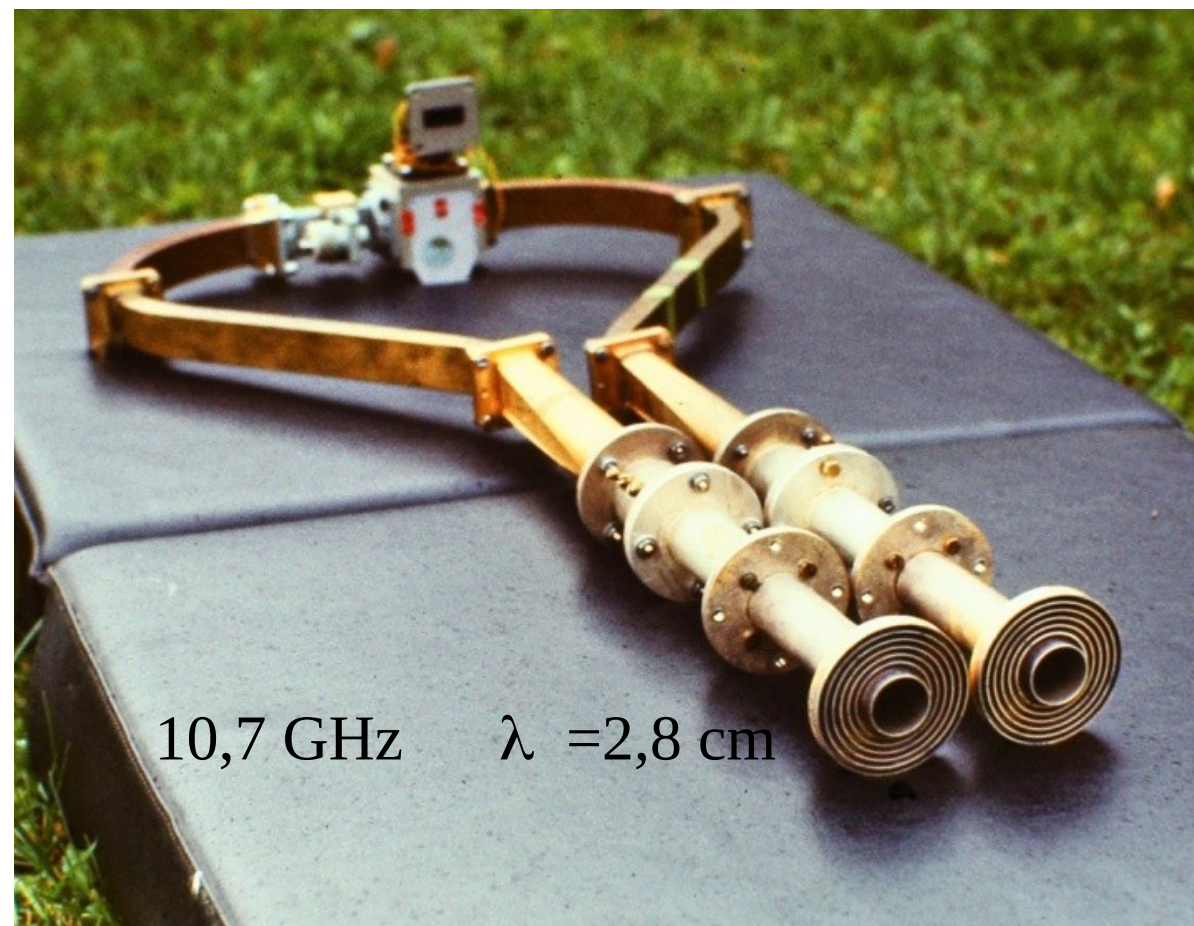
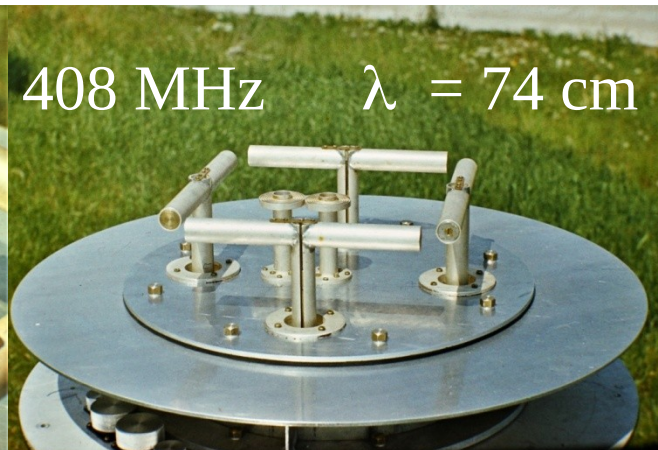
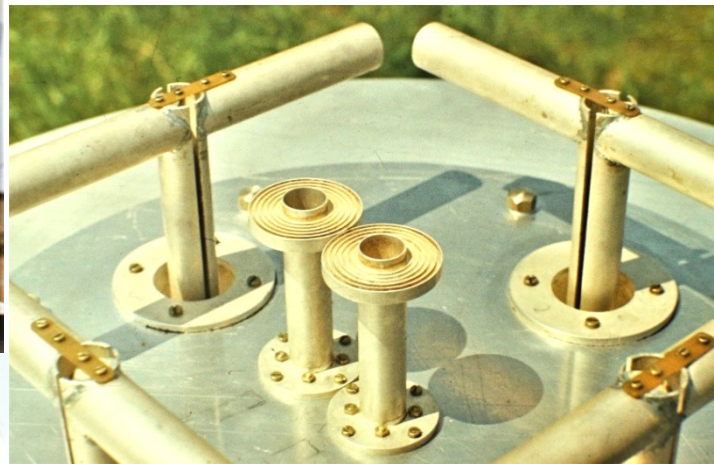
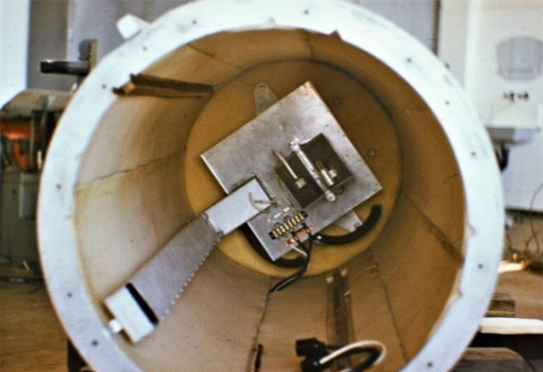
Ruch 0,25 - 25 deg/min

Montaż pojemnika ogniskowego
z aparaturą odbiorczą 408 MHz i 10,7 GHz

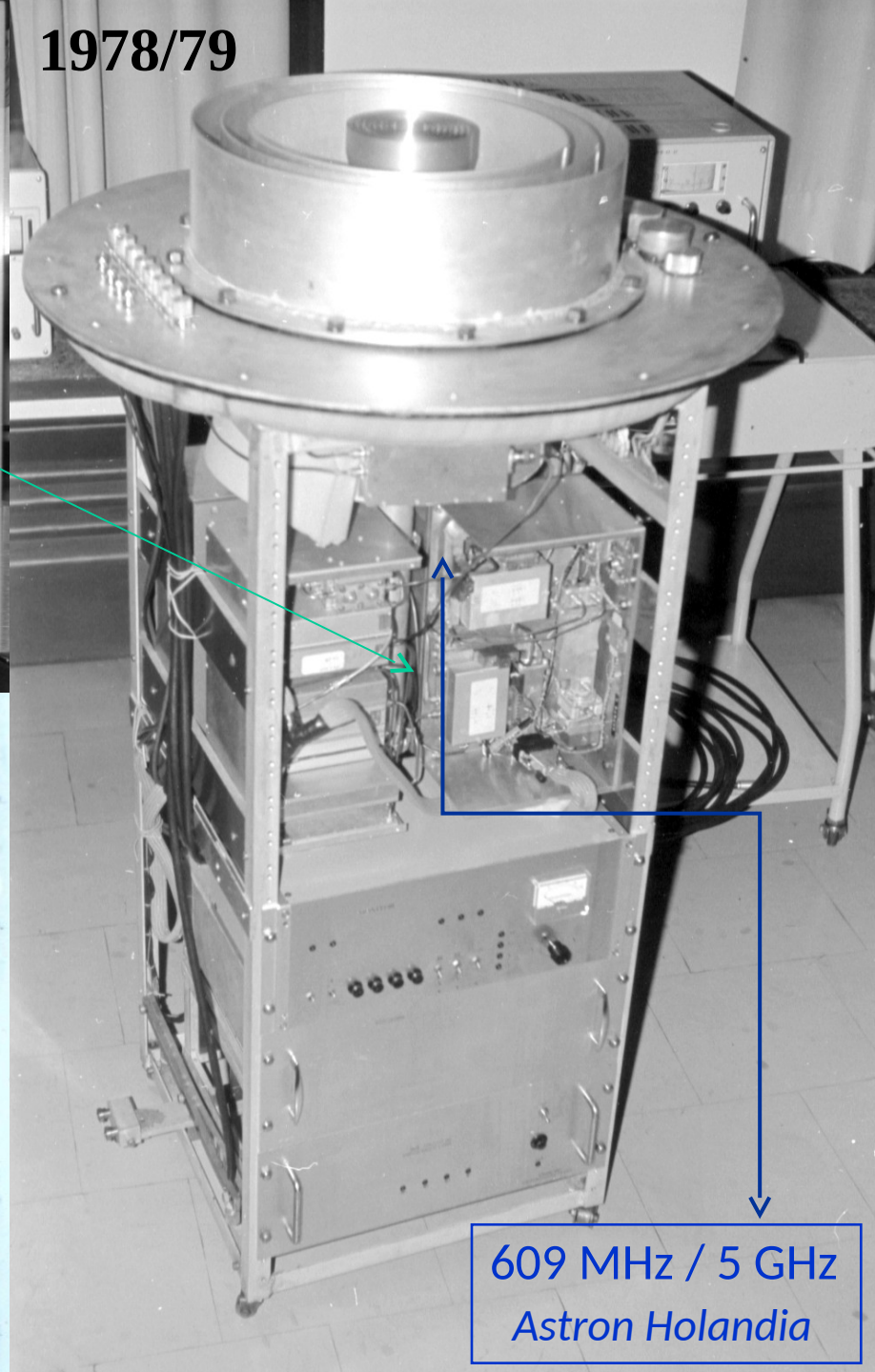




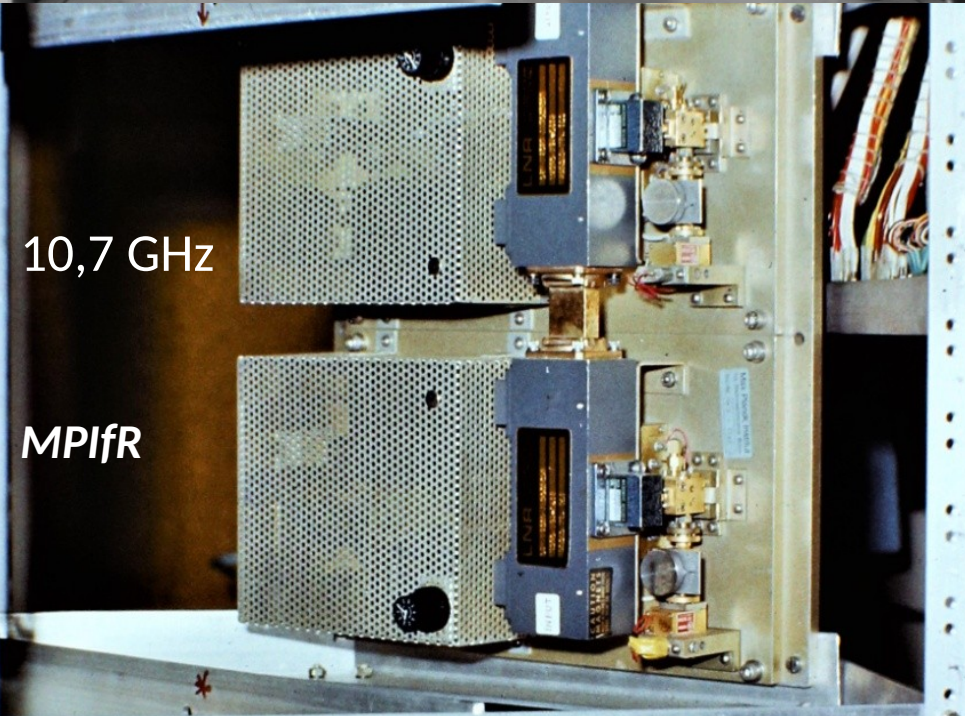
Sterownia do RT3 (pok.48) 1977



1978/79

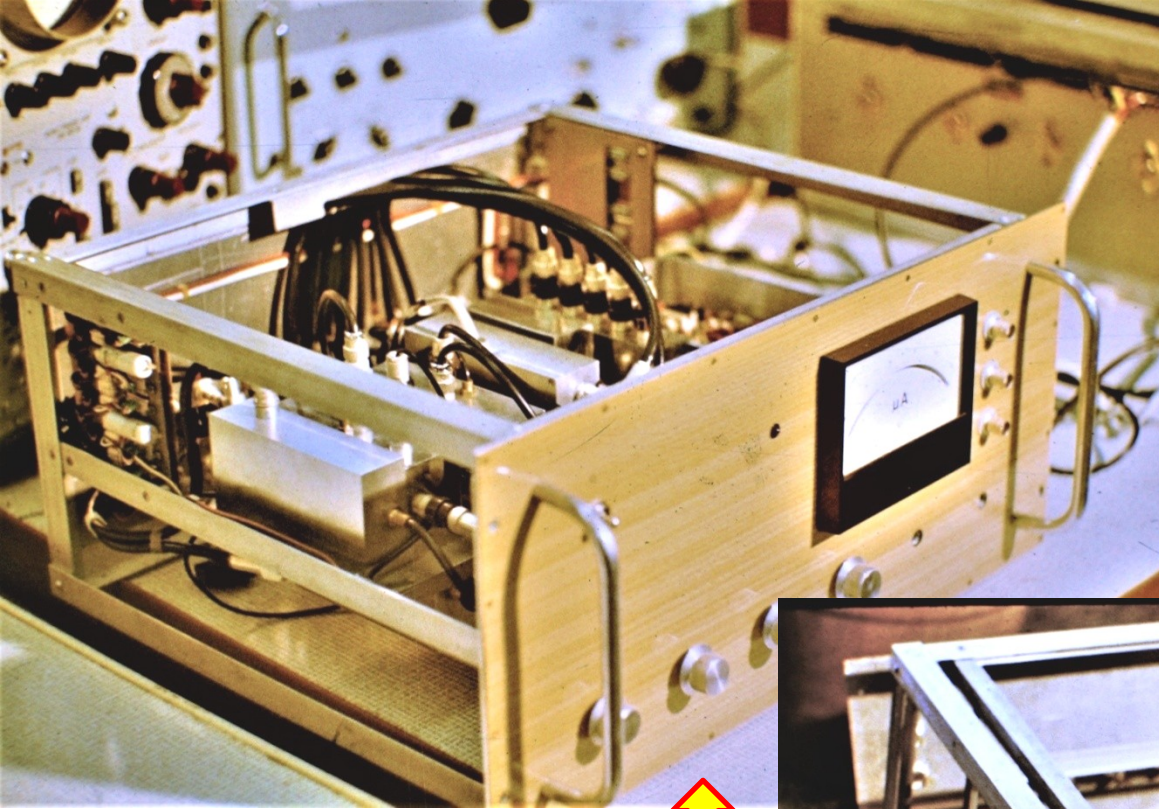


609 MHz / 5 GHz
Astron Holandia



10,7 GHz

MPIFR



Cyfrowy Formater sygnału VLBI Mark IIc

- Cyfrowe samplery
- Formatowanie sygnału
- Zapis informacji o czasie
- Interface z magnetowidem VHS

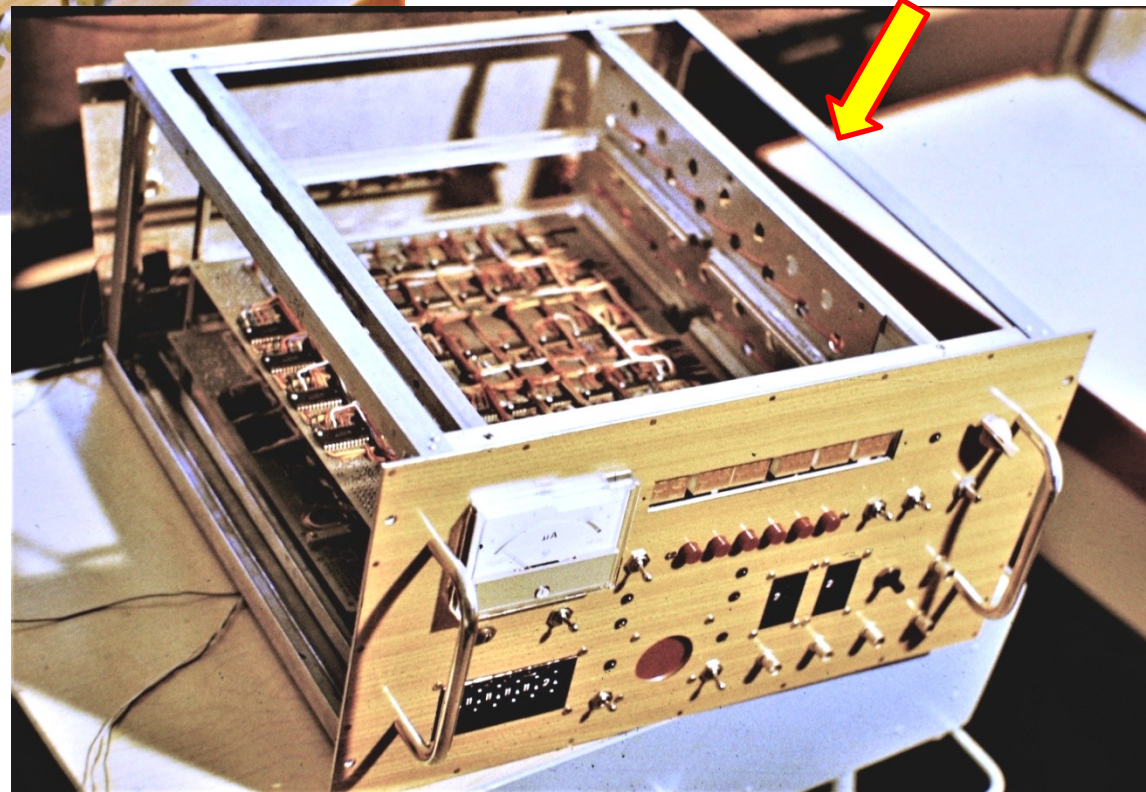
S.Gorgolewski, A.Kępa, J.Mazurek

Konwerter sygnału VLBI



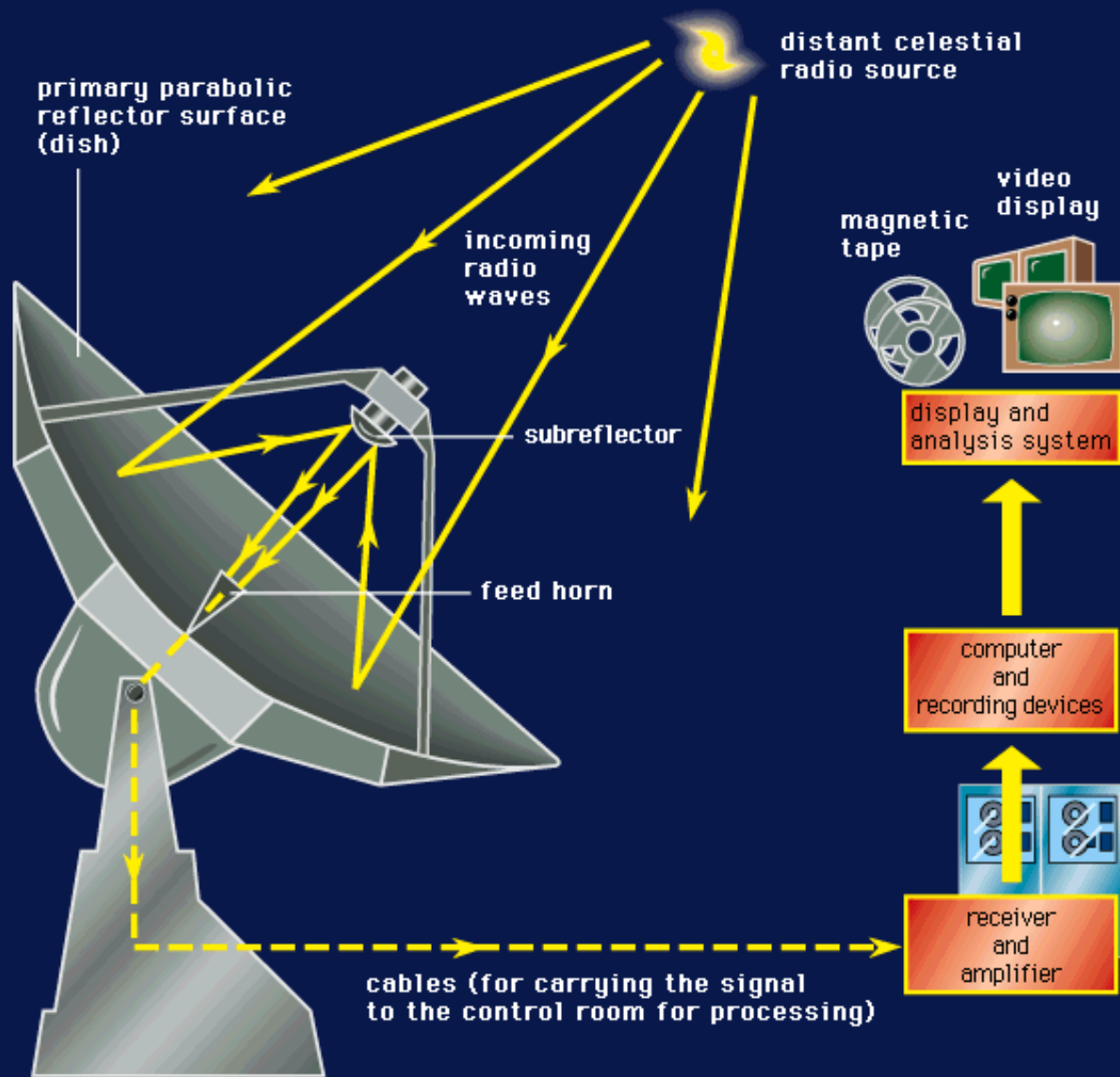
- Przemiana częstotliwości
- Fazowa synchronizacja lokalnego oscylatora z rubidowym wzorcem częstotliwości
- Filtr jednowstęgowy o skokowo wybieranym paśmie (0,125 - 4 MHz)
- Wzmacniacze video

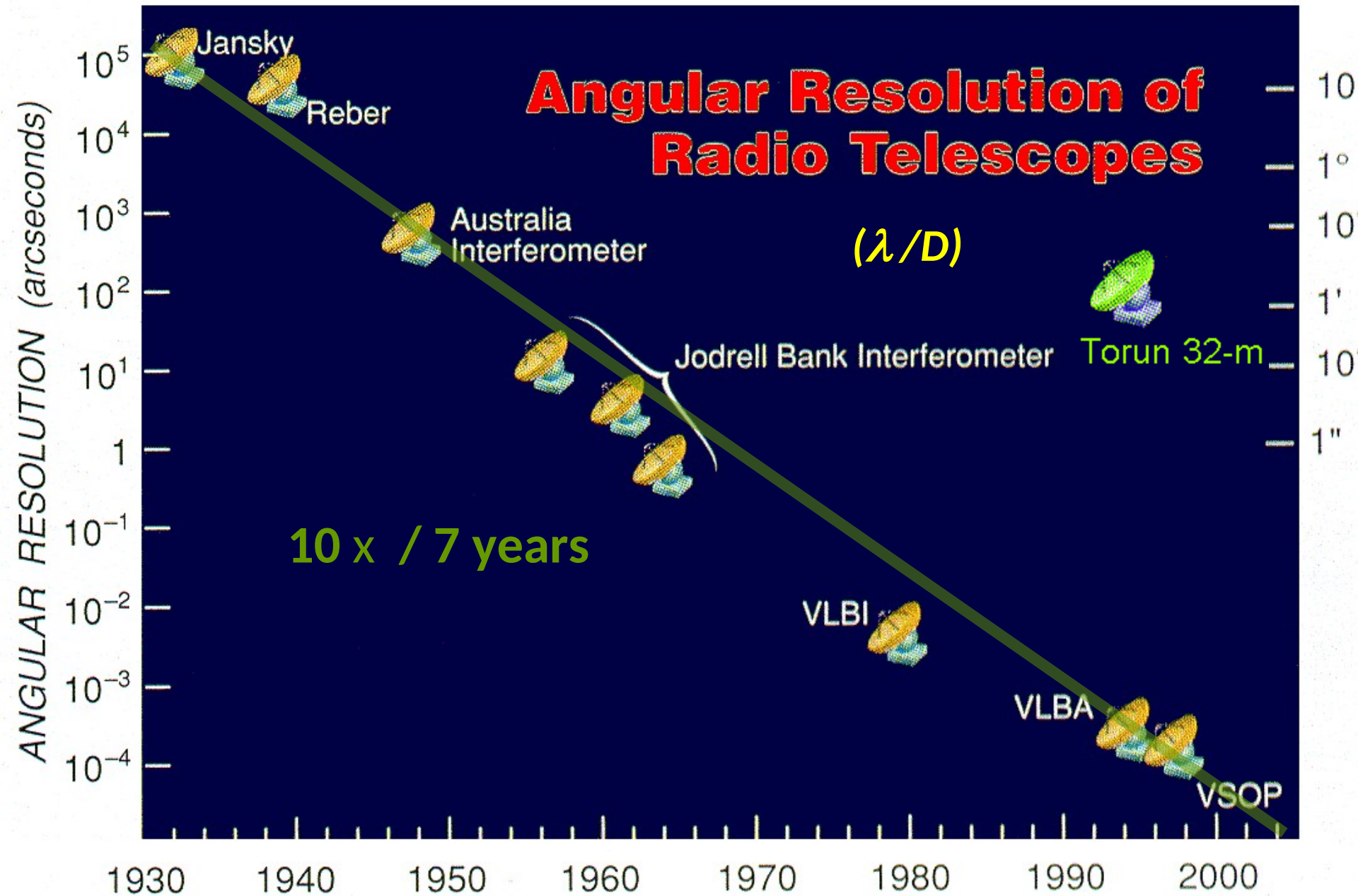
A.Kus, E.Pazderski, S.Gorgolewski



Nagroda stopnia II Ministra NiSW (zespółowa)

radioteleskop





Sensitivity of Radio Telescopes

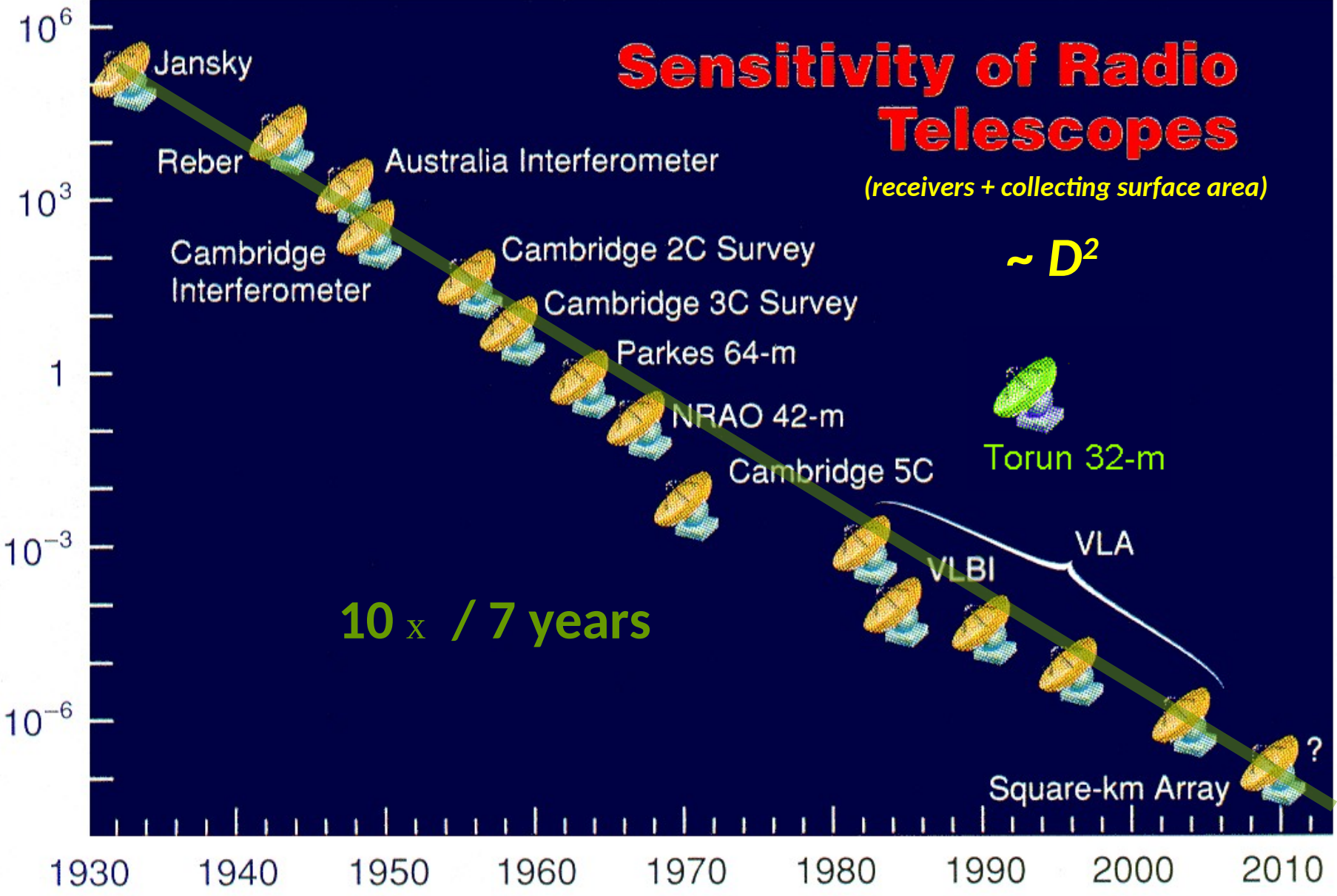
(receivers + collecting surface area)

$\sim D^2$

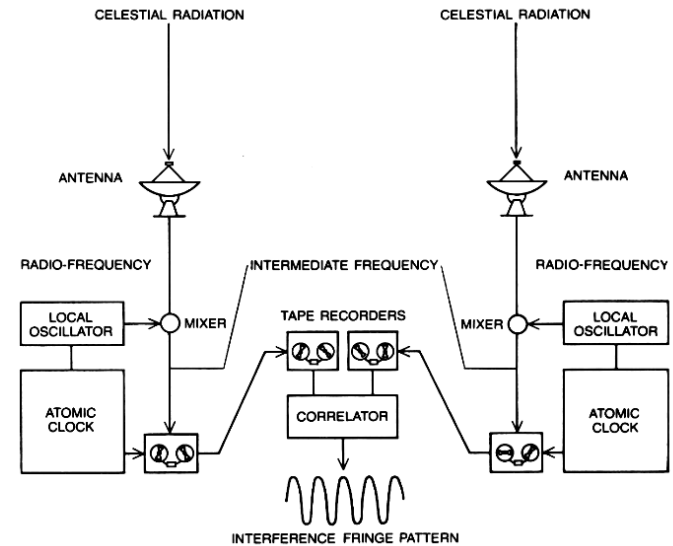
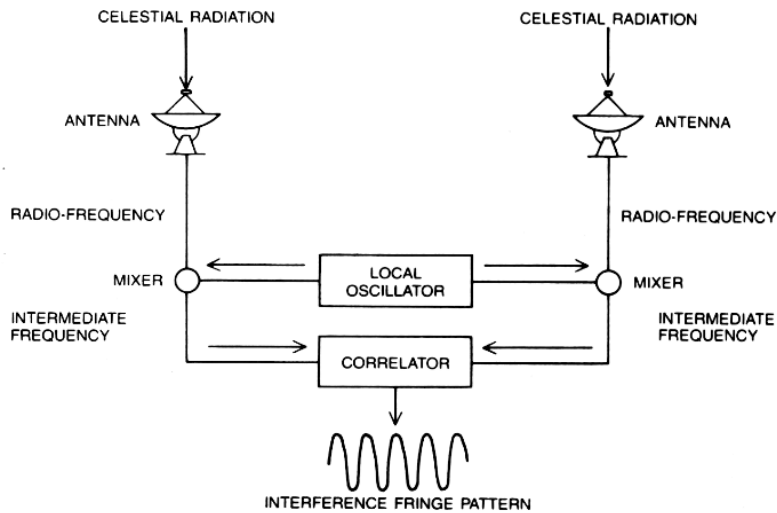
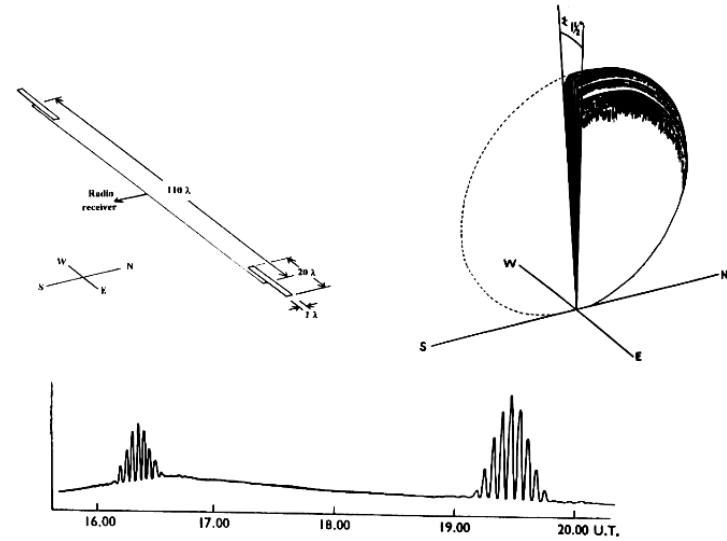
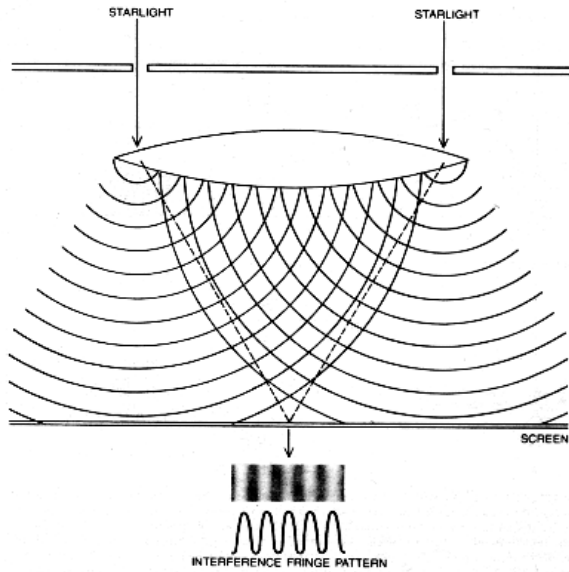
$10 \times / 7 \text{ years}$

$1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$

SENSITIVITY (Janskys)

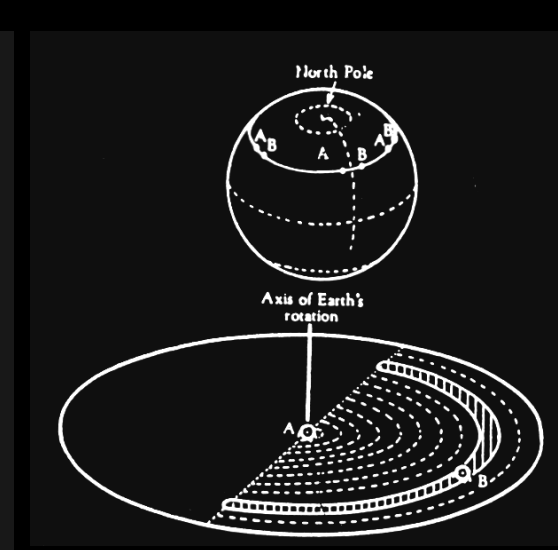
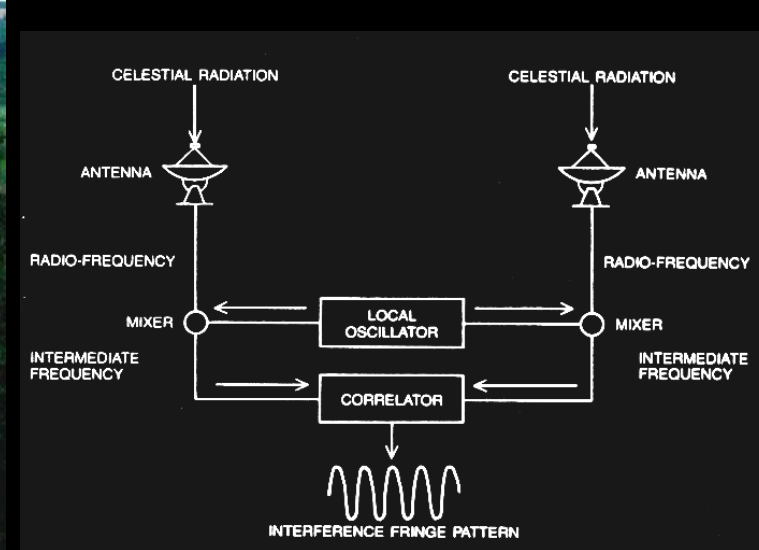


Podstawy interferometrii radiowej





WSRT



VLA

Interferometrija
i
Synteza Apertury

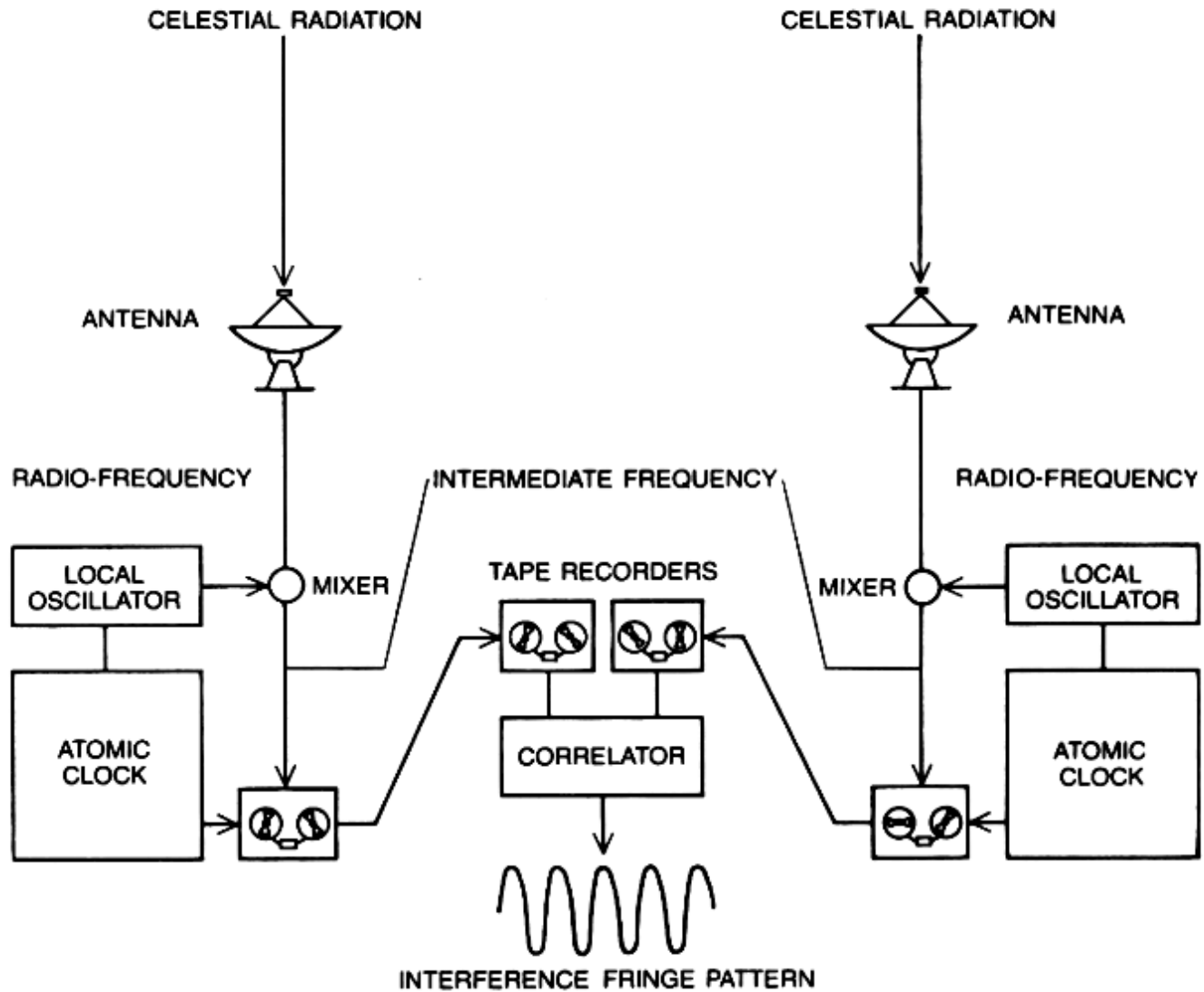
VLA/e-VLA 2012

*Very Large Array
NRAO, Socorro,
USA*

*Budowany 1972-1980
78 milionów \$ (1975)*



Podstawy interferometrii radiowej VLBI





USA

China

South Africa

VLBI w Toruniu (jedyne kraj Europy Wschodniej)

Co było potrzebne: przygotowania 1980 /81

1. Radioteleskop (15m RT-3)

2. Systemy odbiorcze (syntezer LO z JBO)

3. Systemy sterowania

4. Terminal VLBI Mark IIc + VCR (pożyczony z MPIfR)

5. Atomowy wzorzec częstotliwości / czasu (HP Rubidium Clock)

6. Umiejętności, zaangażowanie, wzajemne zaufanie

7. Entuzjazm.

1981.06.29 Pierwsze udane obserwacje techniką VLBI (3C286)

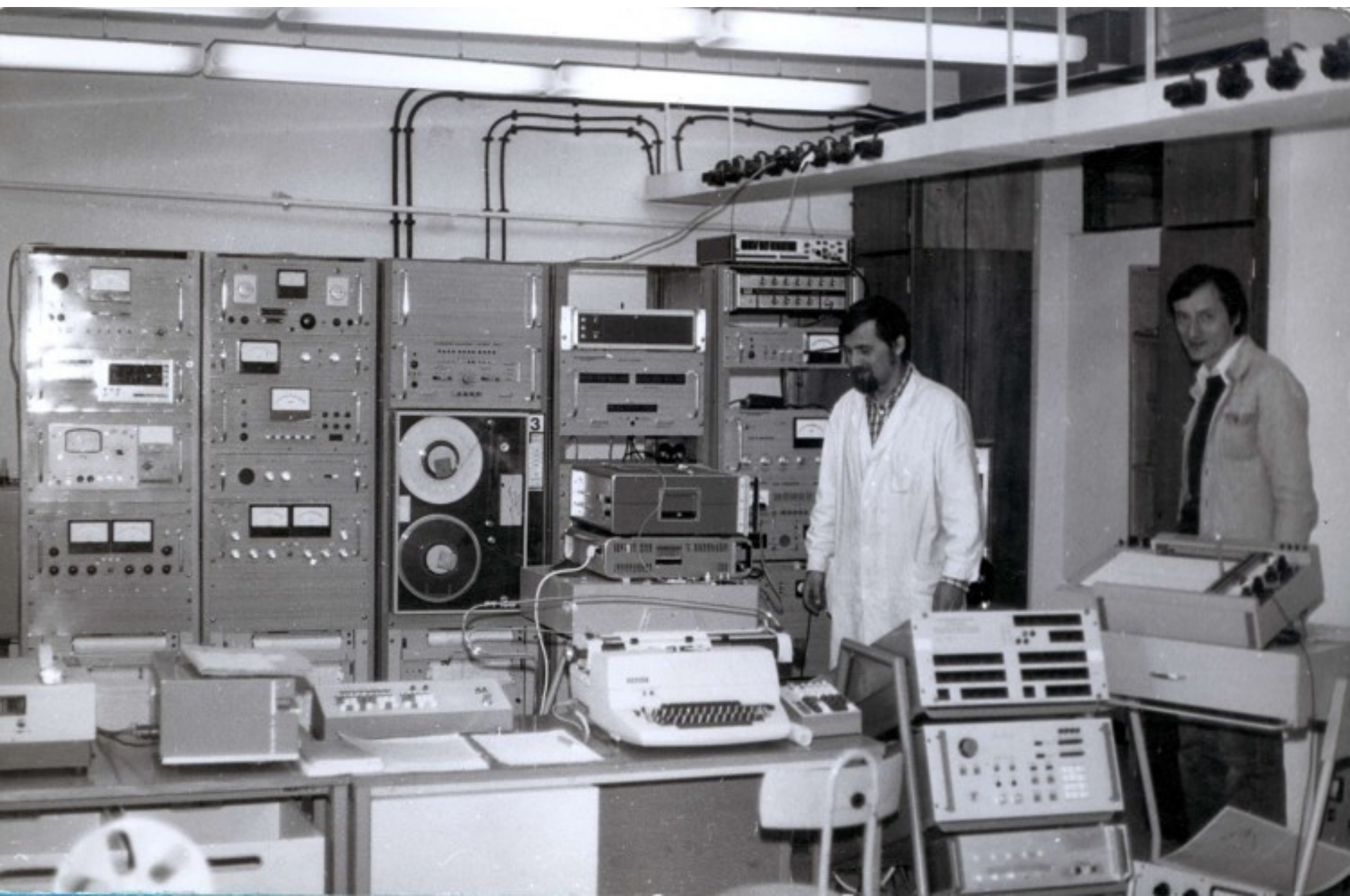
RT-3 był używany w sieci VLBI do ok. 1992



1984



VLBI w Toruniu, to efekt wieloletniej pracy zespołu pod kierunkiem prof. Gorgolewskiego
Uczestniczyli: A.Kus, B.Krygier, A.Marecki, K.Borkowski, A.Kępa, E.Pazderski, J.Usowicz, J.Mazurek, R.Feiler, ...



1981.06.29

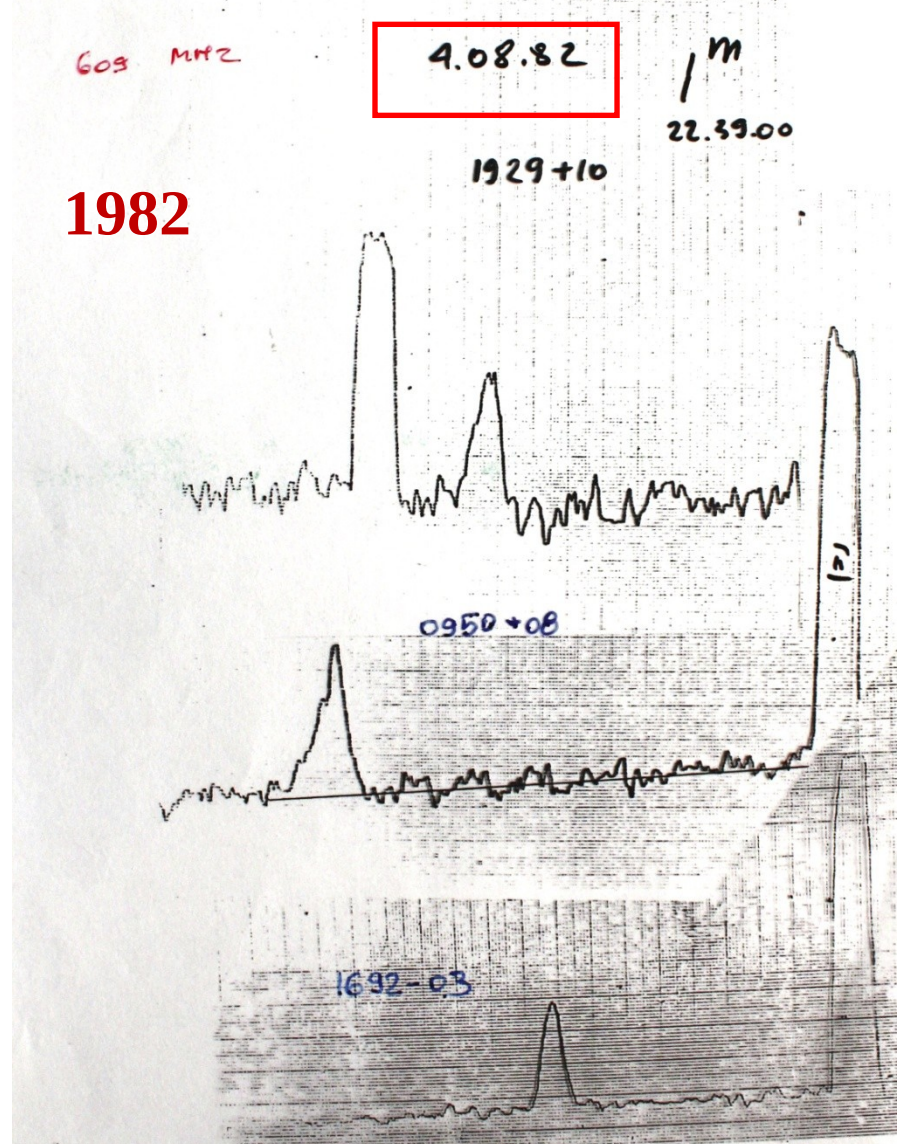
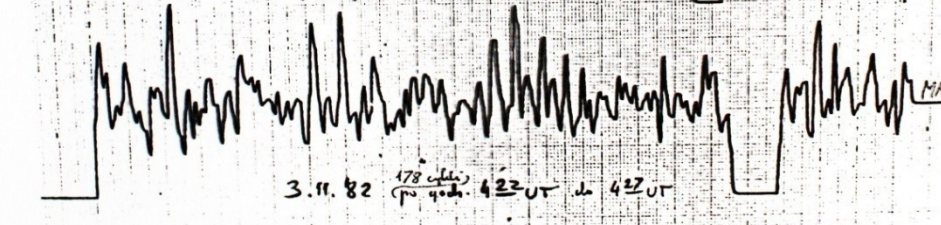
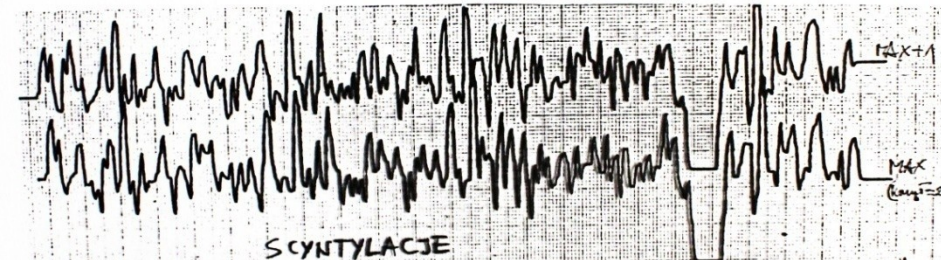
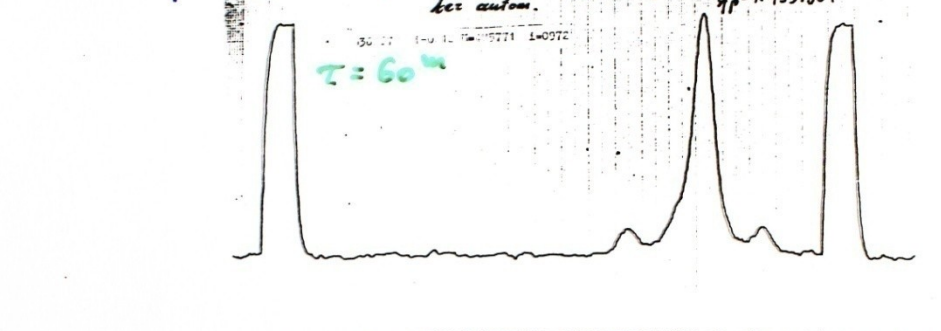
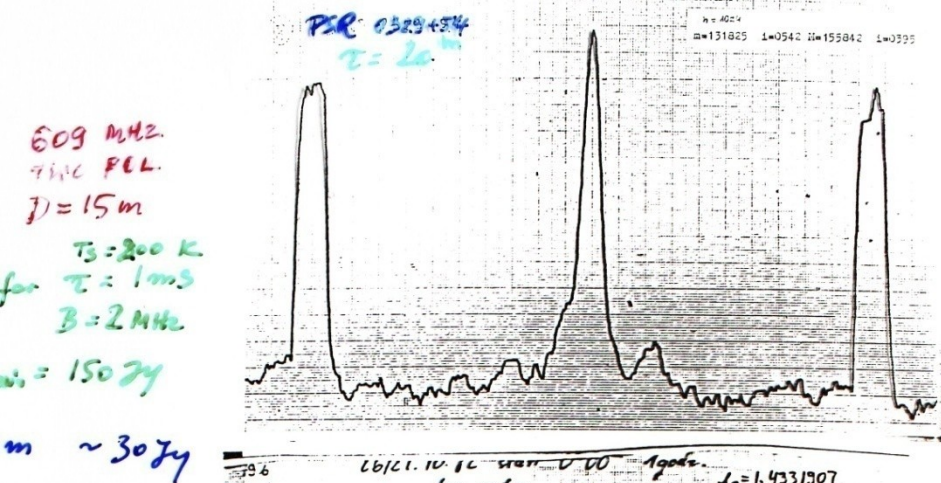
Pierwsze udane obserwacje techniką VLBI (terminal MkIIc)





E. Pazderski i S. Gorgolewski (częściowo zastłony przez G. Gawrońską) stają na głowie przy drzwiach wejściowych do sterowni, aby udał się pierwszy eksperyment VLBI

<http://www.astro.uni.torun.pl/~kb/Telescopes/RT15/KRaVLBI.htm>



*Pierwsze wykonane w Polsce
obserwacje pulsarów (RT-3)
K.Borkowski, A.Kępa, A.Kus,
E.Pazderski, J.Usowicz, J.Mazurek*

*Jednobitowe próbkowanie,
całkowite pasmo 4 MHz,
32 płytki każda po 16 kanałów
łącznie to 3424 ICs + ok. 200
współpraca z komp. SM1420*

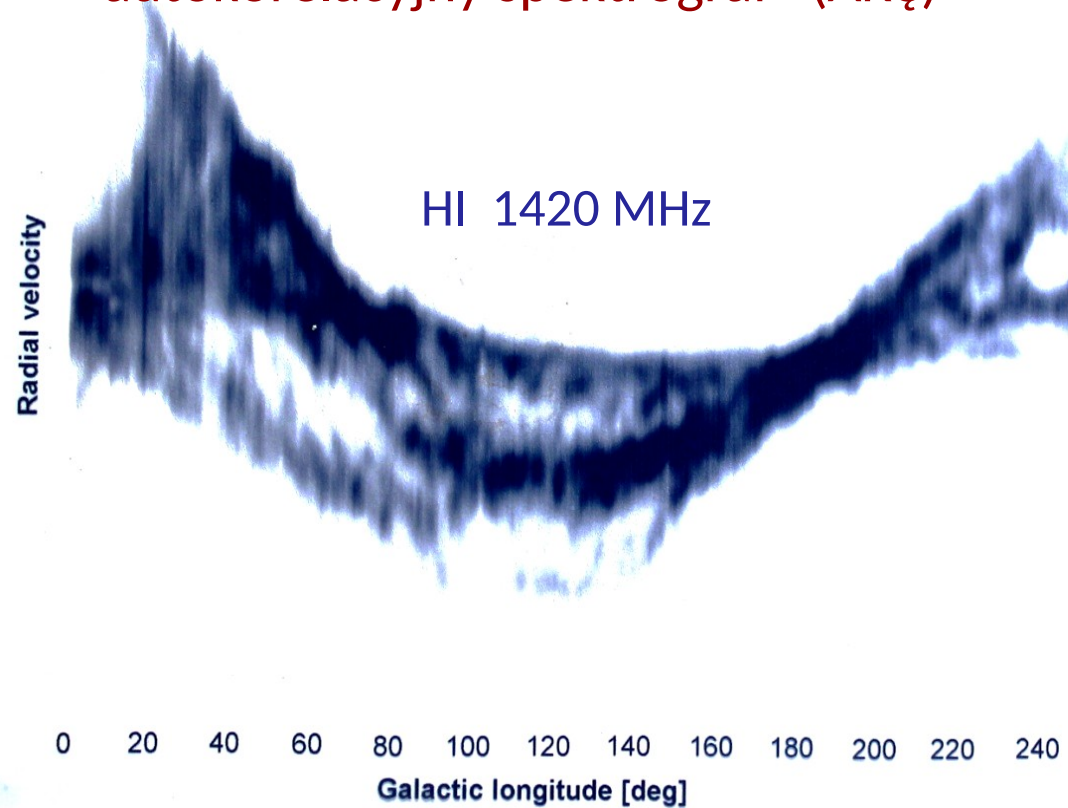
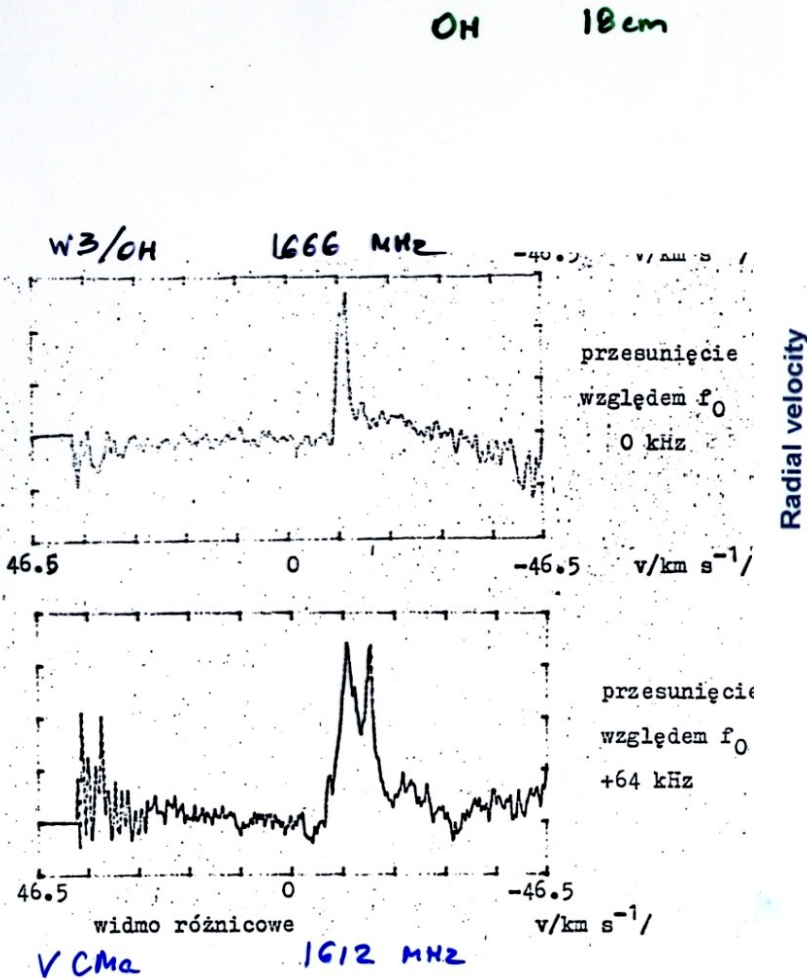
*Projekt i wykonanie :
Mgr Andrzej Kępa + JMz + warsztat
Inspiracja: prof. S.Gorgolewski*

Spektrograf autokorelacyjny 1985



RT-3, odbiornik na pasmo L 1420 +/- 2MHz

VLBI IF konwerter, 512 kanałowy autokorelacyjny spektrograf (AKę)



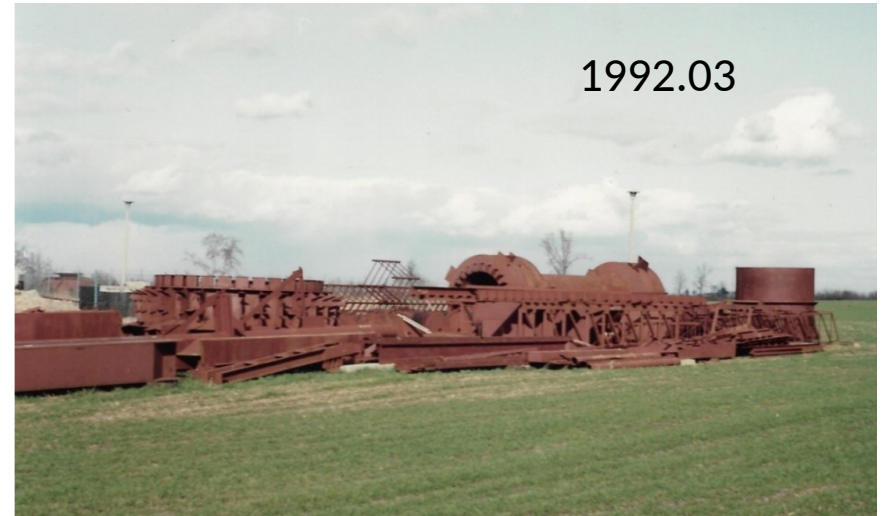
Pierwsze w Polsce obserwacje radiospektroskopowe
R. Feiler, A. Kępa, A. Kus, E. Pazderski,
K. Borkowski, J. Mazurek, 1985

15 m ~ 100 Jy / kHz
32 m 14 Jy / kHz

Historia budowy RT-4

1983 *Wstępna koncepcja anteny parabolicznej 30 m (Z.Bujakowski)*

1986-1988 *Prace nad wstępnym i końcowym projekcie anteny 32m
oraz rozpoczęcie prac wykonawczych i budowlanych*

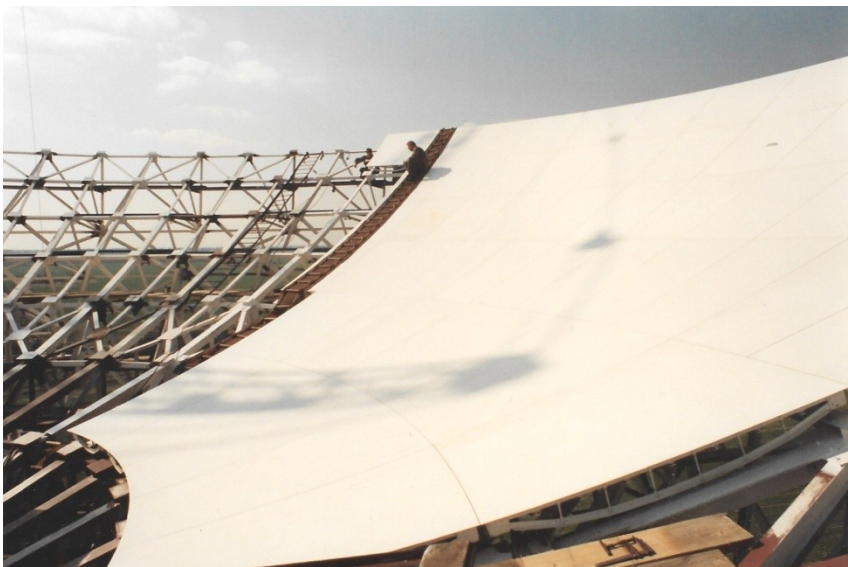


1991.10.16 *Rozpoczęcie montażu anteny 32 m*



1993 kwiecień, maj





1993



1994.10.22 zakończenie budowy i uruchomienie anteny 32 m

+ EVN Director's Meeting,
EVN User's Meeting,
VLBI Science Meeting,
goście zagraniczni i krajowi.





*Projektant 32m radioteleskopu mgr inż.
Zygmunt Bujakowski*

Dr Krygier Prof. Gorgolewski



*Nadzór wykonawczy Inicjator projektu i
kierownik projektu do 1990
1990 – 2000 kierowanie pracami dr hab. A. Kus*

Podstawowe informacje

- Zaprojektowany i zbudowany w Polsce
- Konstrukcja homologiczna
- Zbudowany w '94, funkcjonuje od '96

- Średnica 32m
- Cassegrain z 3.2 m subreflektorem
- Dokładność powierzchni 0.4 mm RMS
- Pozycjonowanie, śledzenie ~5 arcsec
- Całkowita waga 600 ton
- Ruch w Az i El do 30 deg/min
- Pełna kontrola komputerowa

- Odbiera fale radiowe w zakresie
1400-30000 MHz (20cm-1 cm)

Główny projektant inż. Z.Bujakowski
Wykonawcy : 60 polskich firm
Budowa: 1985-1994.

RT4



Podstawowe informacje

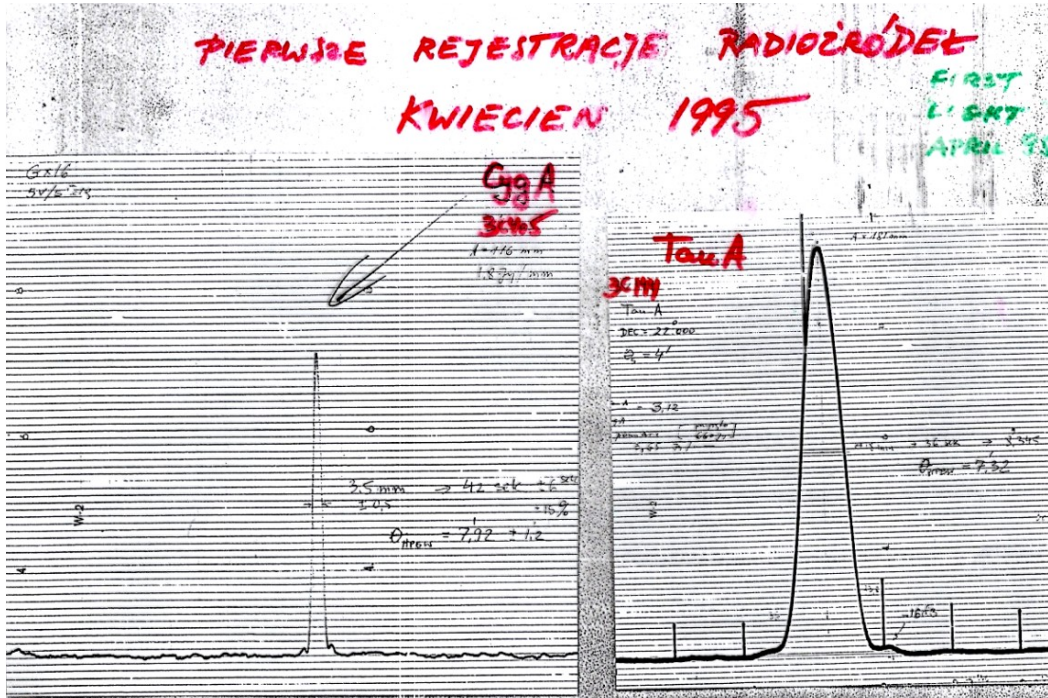
- Zaprojektowany i zbudowany w Polsce
- Konstrukcja homologiczna
- Zbudowany w '94, funkcjonuje od '96

- Średnica 32m
- Cassegrain z 3.2 m subreflektorem
- Dokładność powierzchni 0.4 mm RMS
- Pozycjonowanie, śledzenie ~5 arcsec
- Całkowita waga 600 Mg
- Ruch w Az i El do 30 deg/min
- Pełna kontrola komputerowa

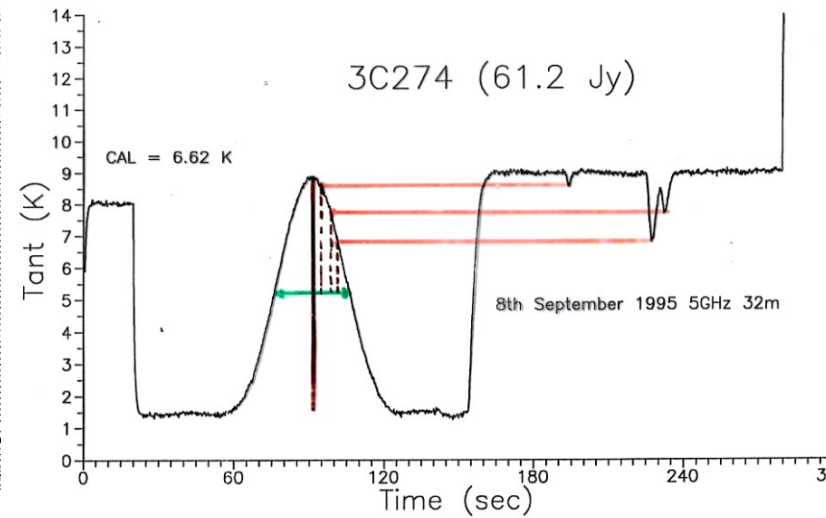
- Odbiorniki radiowe na pasma
- | | |
|-----------------|--------|
| 750-1100 MHz | (30cm) |
| 1400-1800 MHz | (20cm) |
| 4400-5100 MHz | (6cm) |
| 6100-7000 MHz | (5cm) |
| 26000-34000 MHz | (1cm) |

- VLBI terminal
- Maszyna pulsarowa PSPM2
- Spektrograf autokorelacyjny
- Polarymetr
- Maser wodorowy

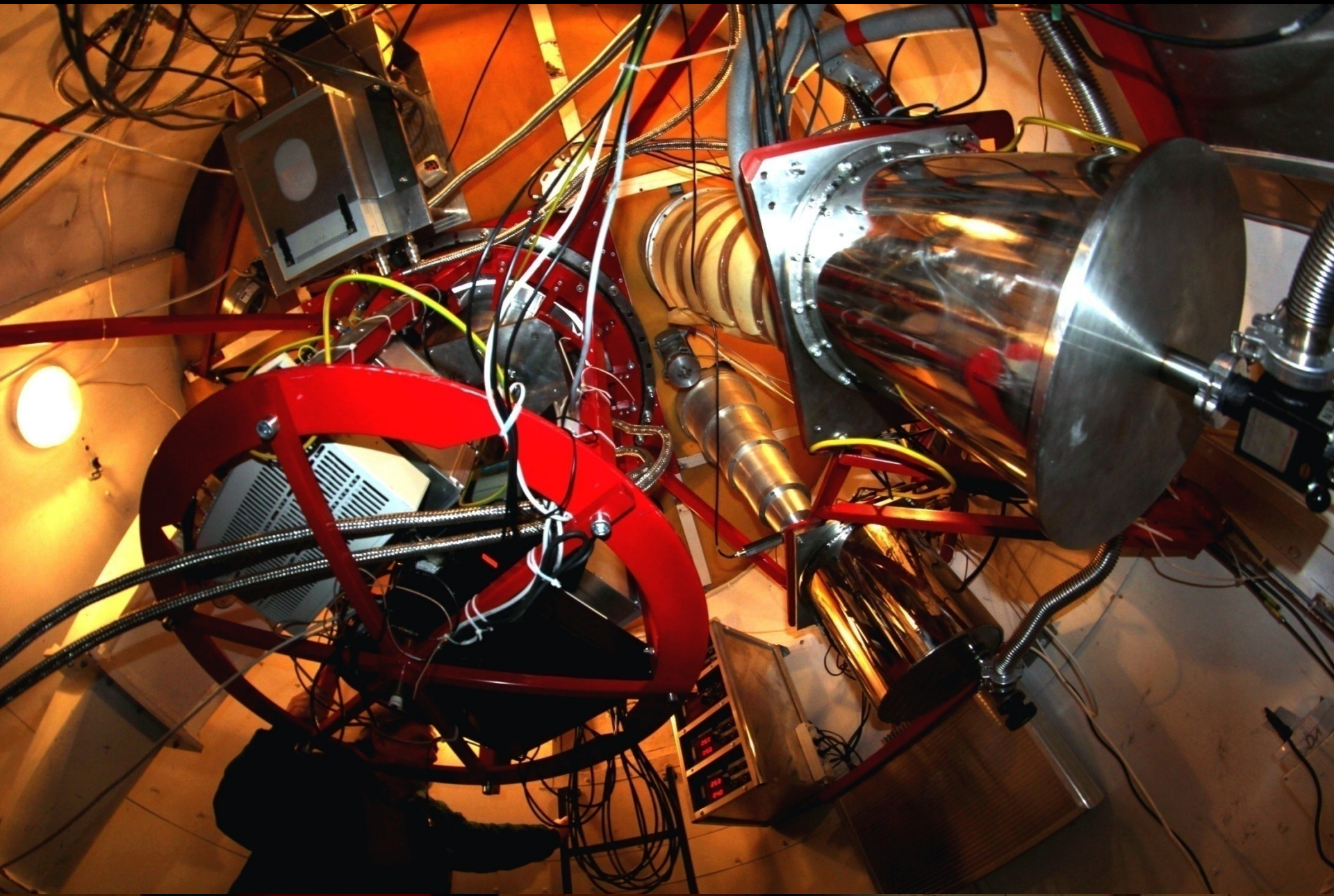
1995.04. Pierwsze obserwacje 32m anteną na 5 GHz



wrzesień 1995



1996.05. Pełne wdrożenie RT4 do pracy naukowej





Sterownia RT4





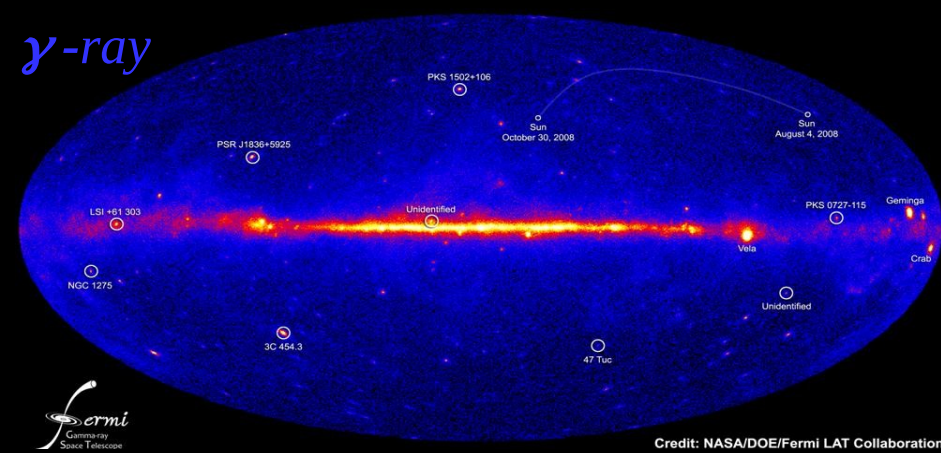
Maser wodorowy zakup z funduszy KBN



Terminal VLBI Mark III (VLBA) grant europejski

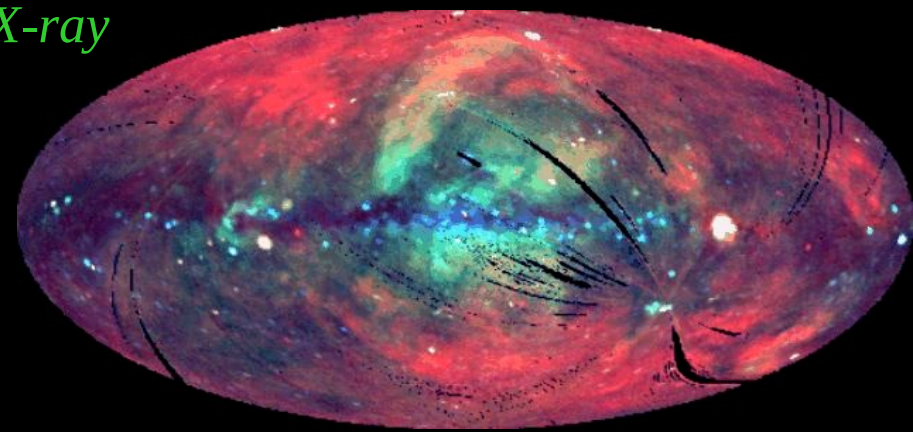


γ -ray



Credit: NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration

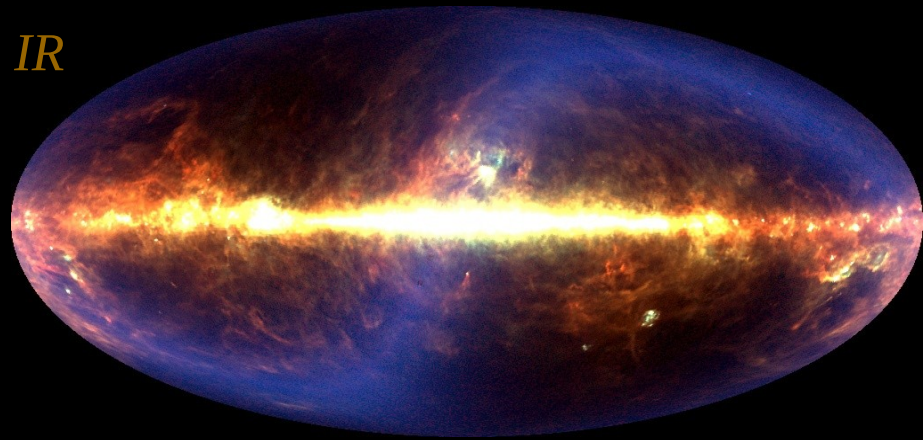
X-ray



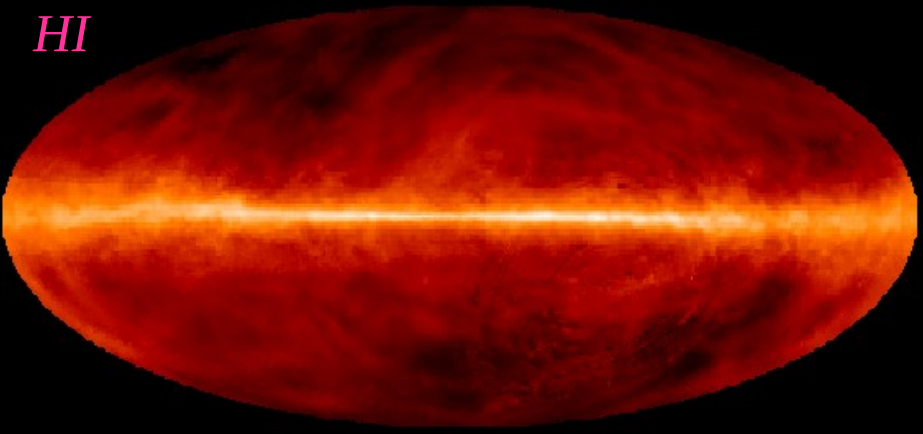
Visible light



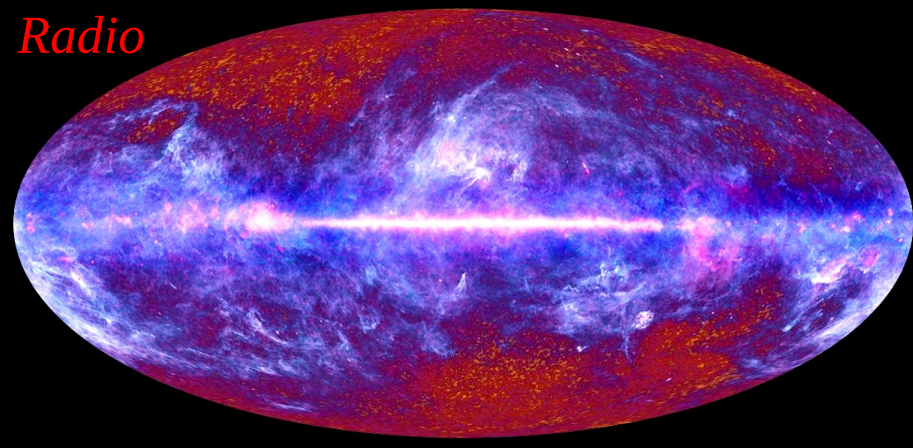
IR

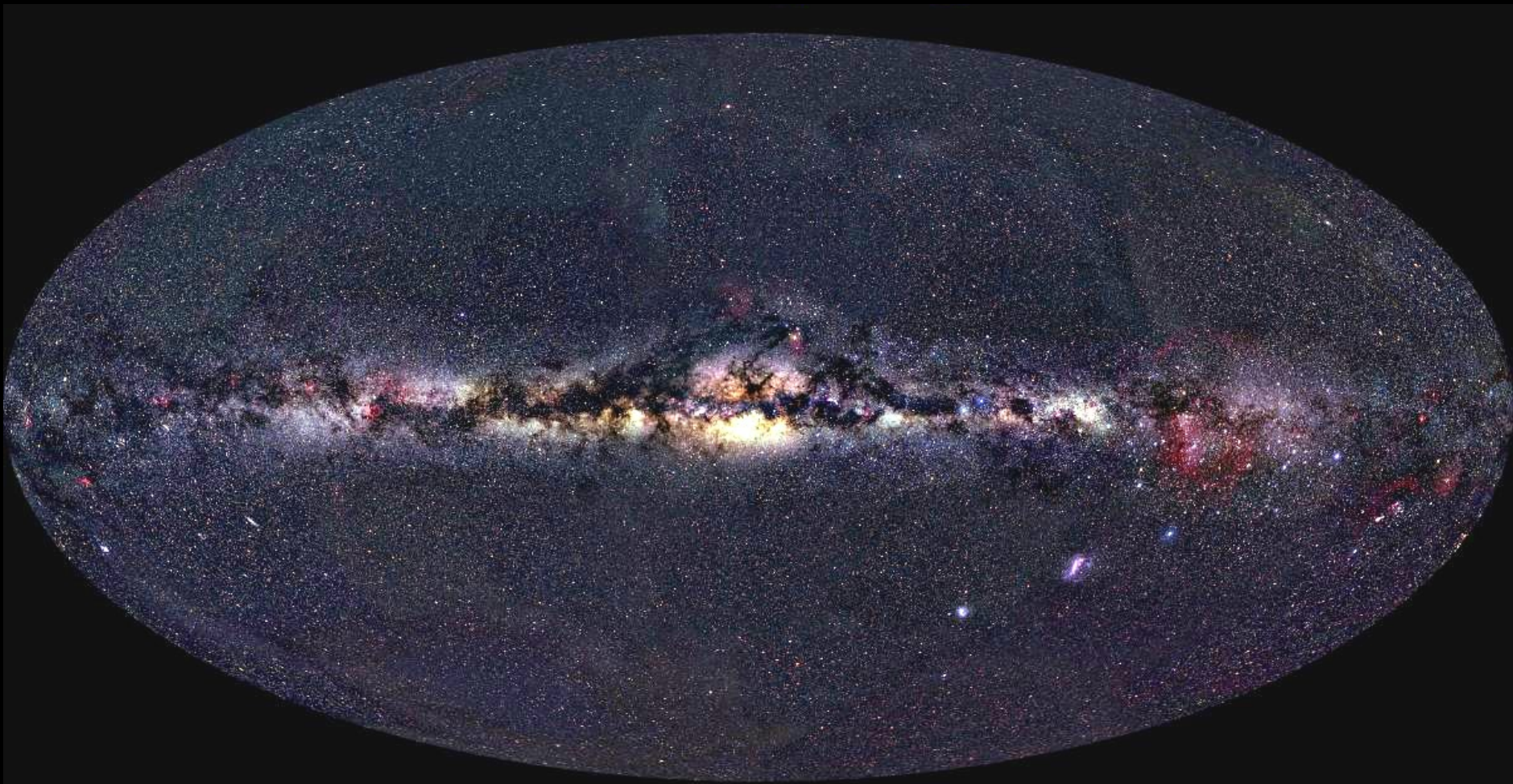


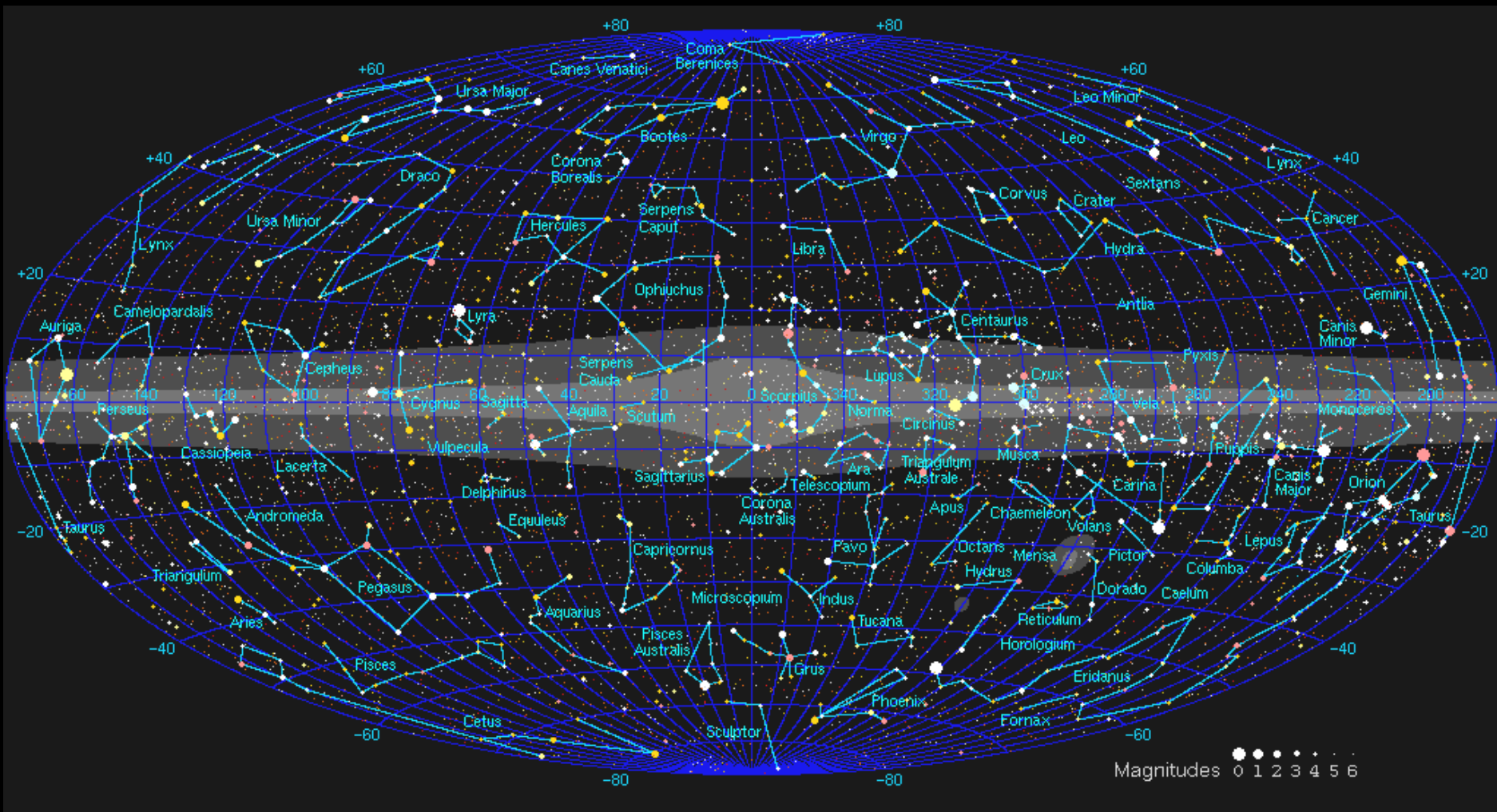
HI

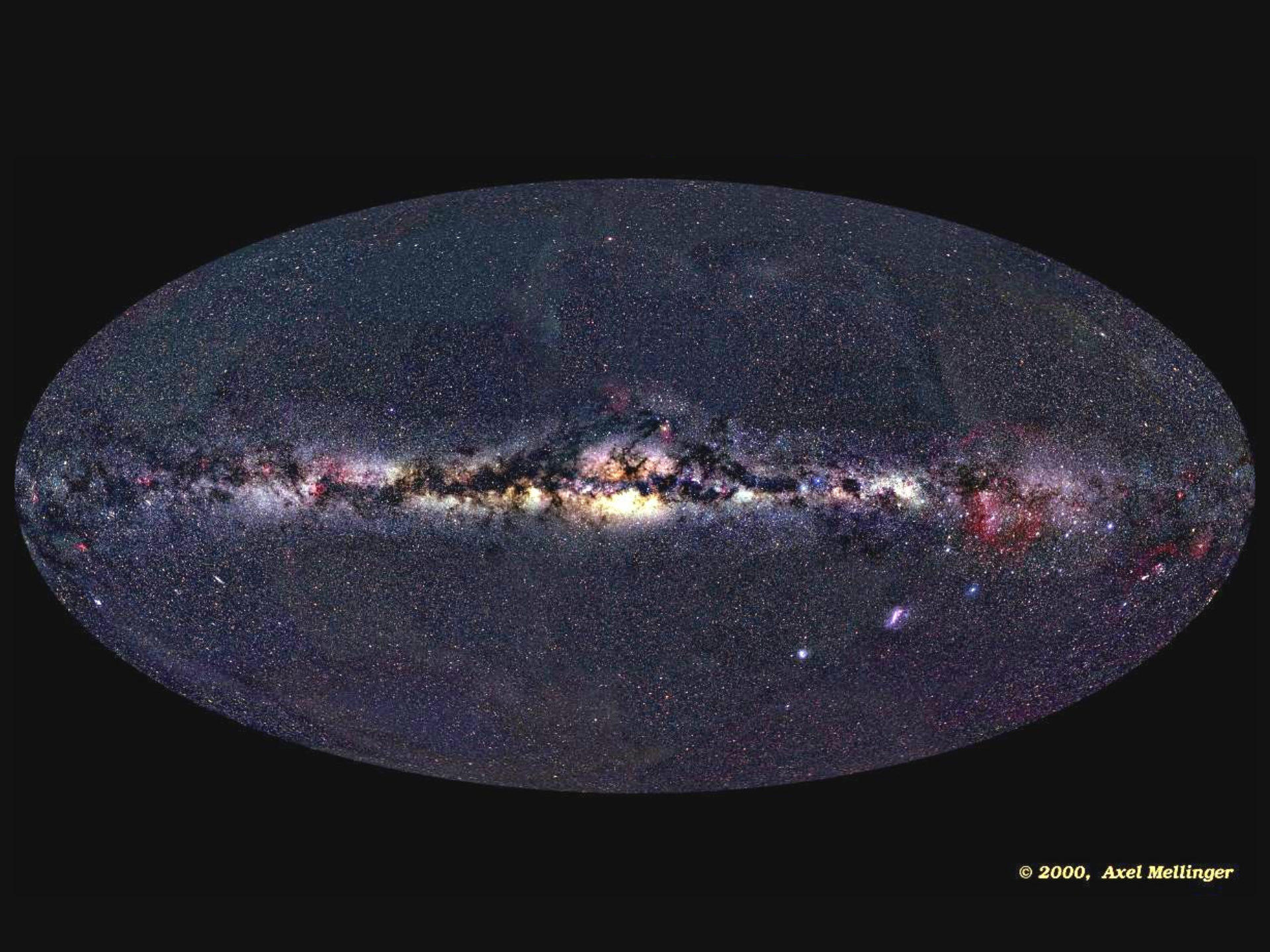


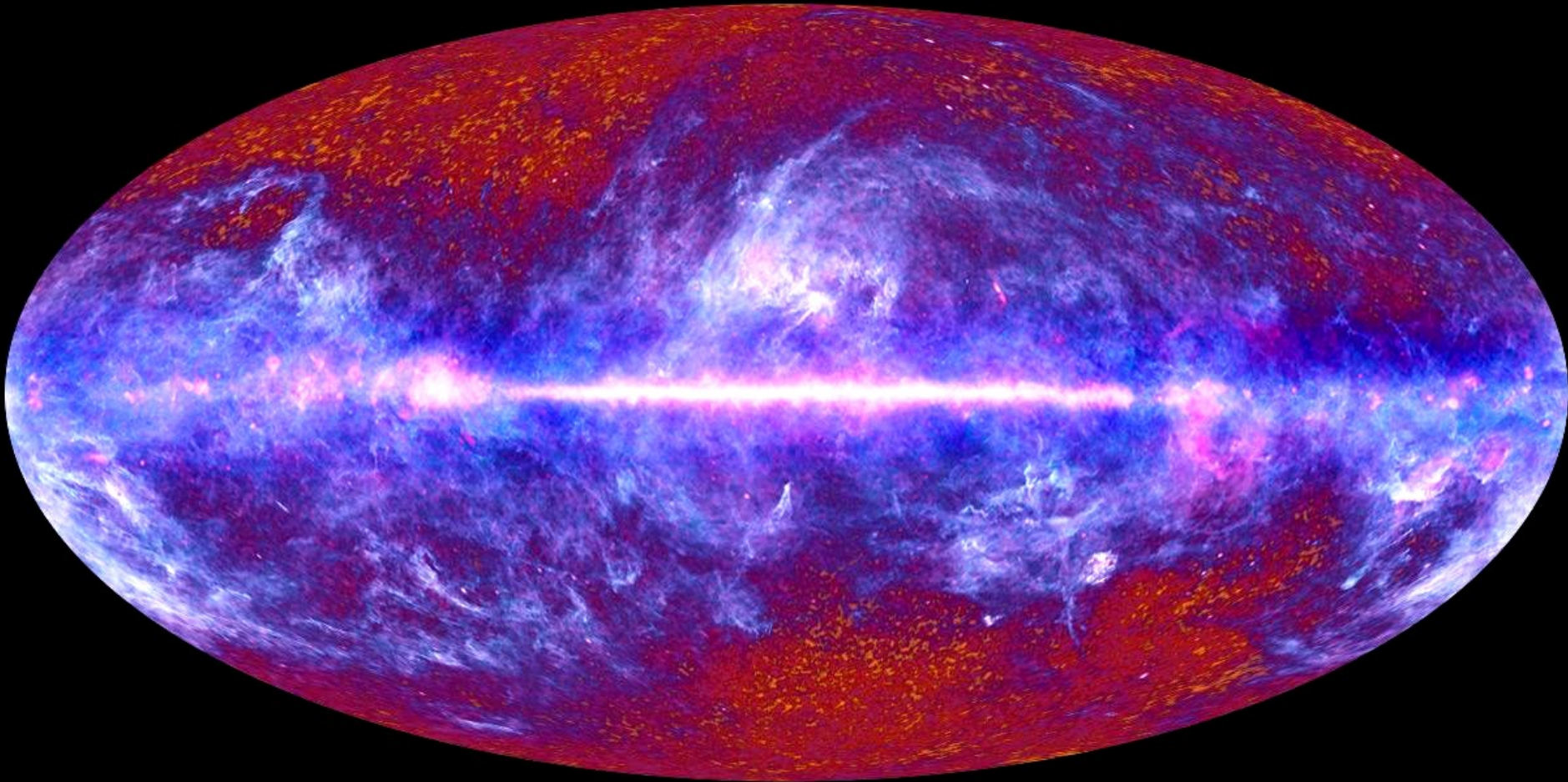
Radio



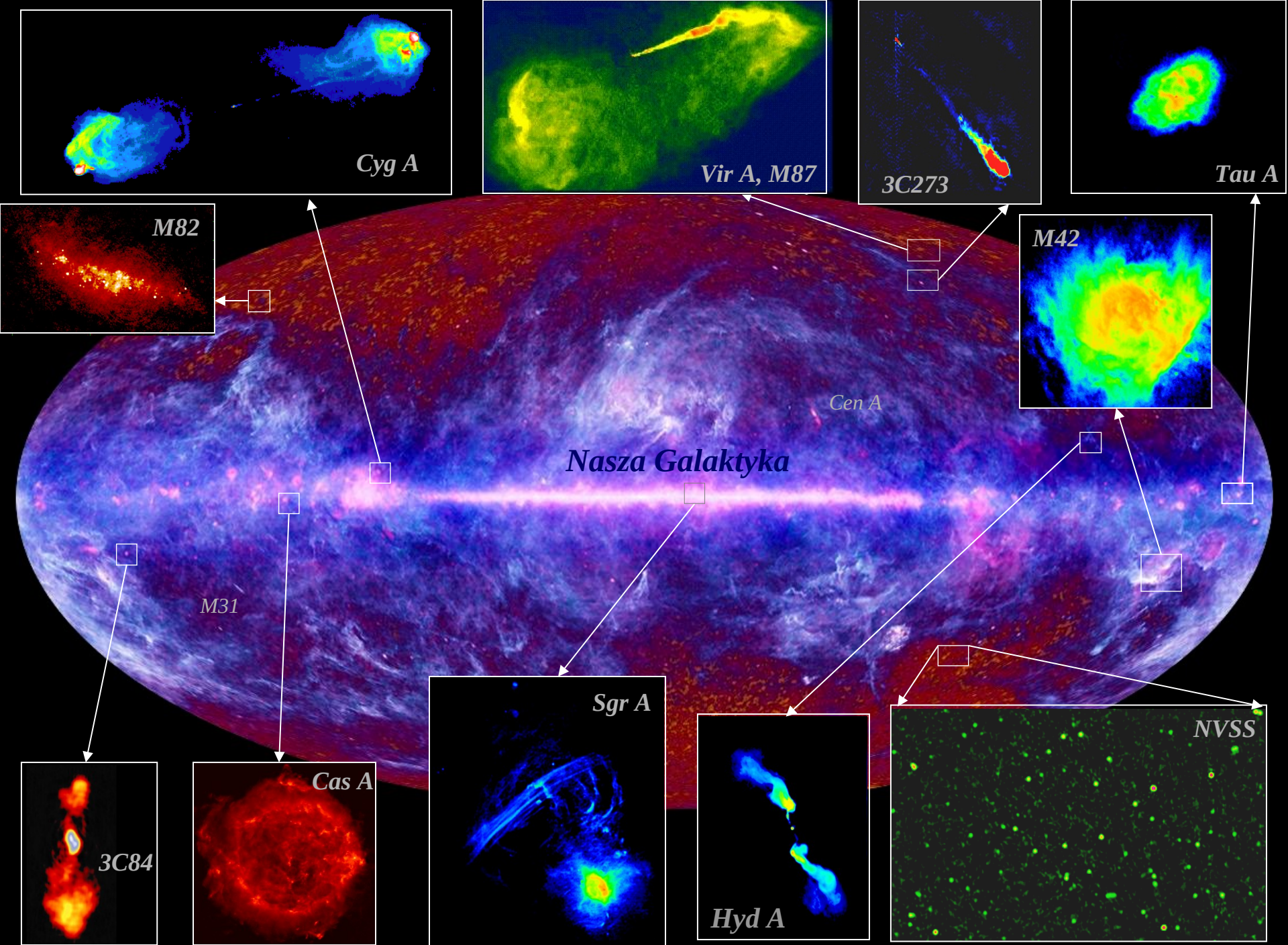






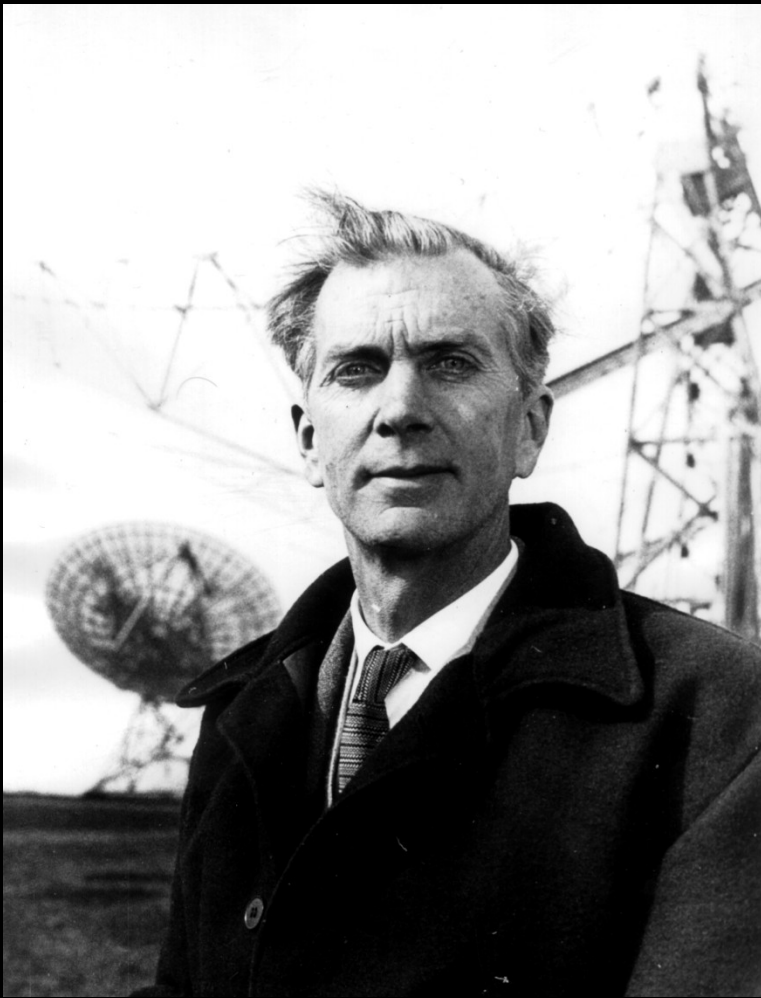


Planck Mission Satellite - mapa nieba 2010, Nasza Galaktyka i tło CMB



Nagrody Nobla

- 1974 *M.Ryle, A.Hewish*
- 1978 *A.Penzias, R.Wilson*
- 1983 *S.Chandrasekhar, W.Fowler*
- 1993 *R.Hulse, J.Taylor*
- 2002 *R.Giacconi*
- 2006 *J.Mather, G.Smoot*
- 2011 *S.Perlmutter, B.Schmidt, A.Riess*
- Radioastronomia (8) Astrofizyka, X-ray (6)



Sir Martin Ryle



Sir Anthony Hewish

Mullard Radio Astronomy Observatory, Cambridge University, England



EVN

e-EVN

USA

China



Globalny radioteleskop VLBI to największy i najbardziej zaawansowany technologicznie instrument do prowadzenia badań astronomicznych

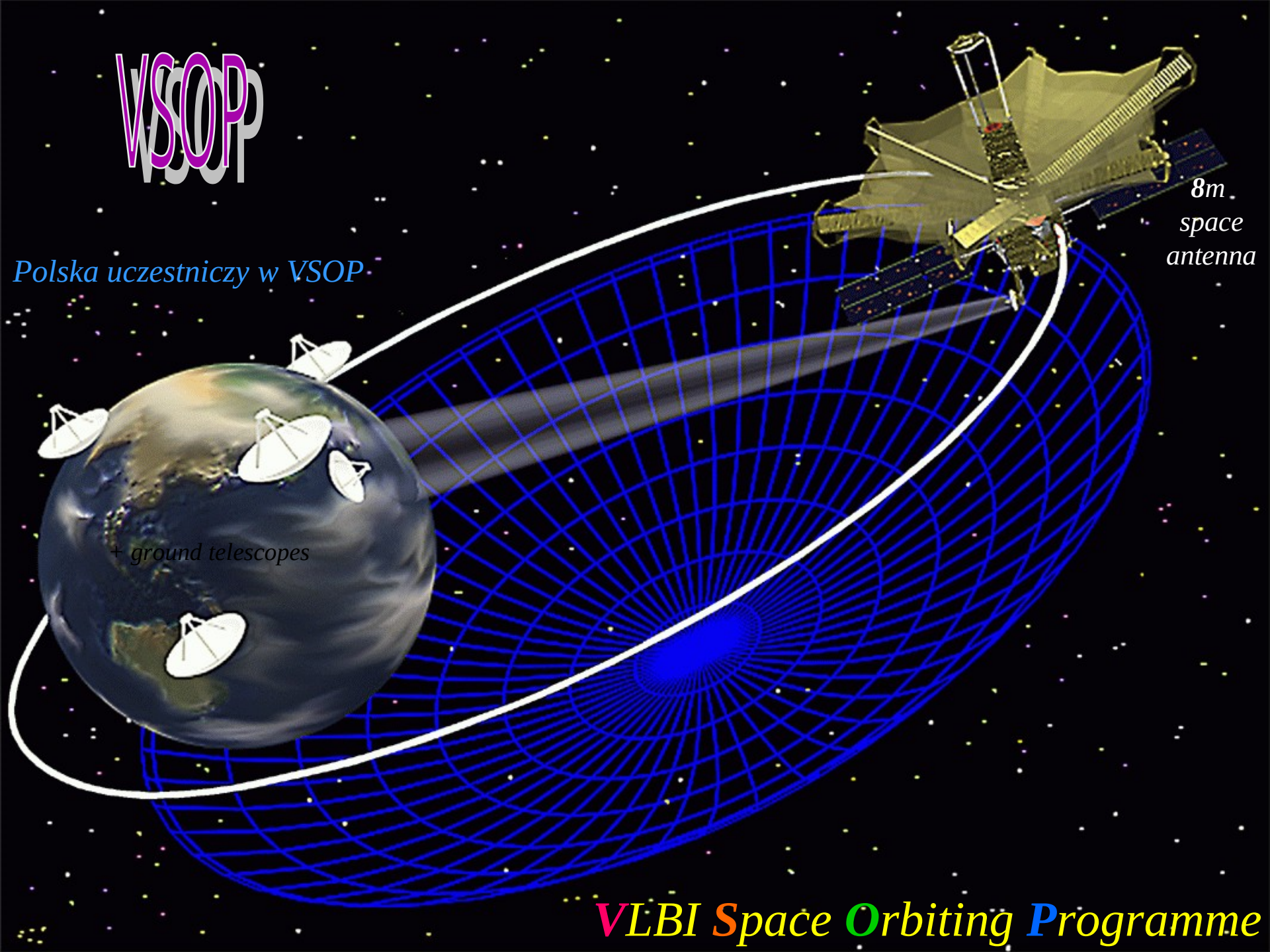
VSOP

Polska uczestniczy w VSOP

+ ground telescopes

*8m
space
antenna*

VLBI Space Orbiting Programme



*Rozdzielczość
kątowna*

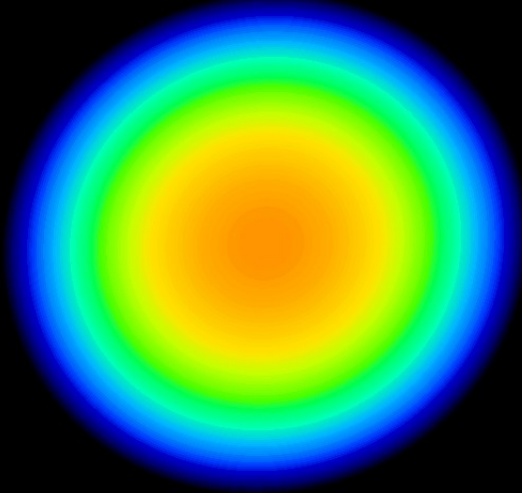
Pojedyncza antena

$$\theta \sim 1/D$$

D

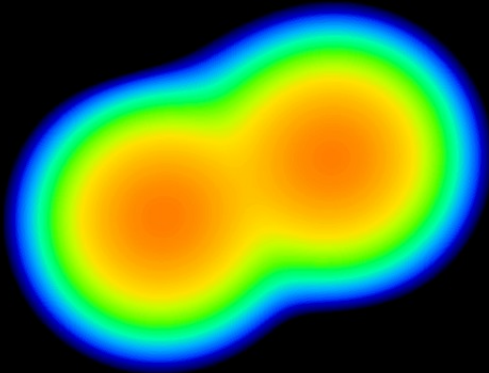


HPBW 6'
D = 32 m



1950

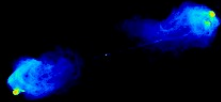
HPBW 1'
D = 200 m



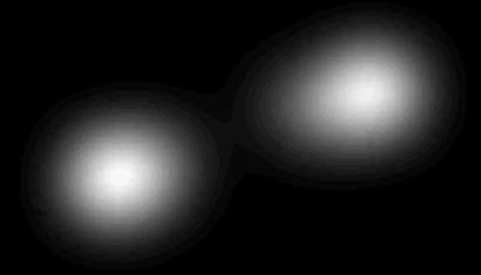
1965

Synteza apertury

HPBW ~0.5"
D = 30 km



1984



CYGNUS A

115" (400,000. light years)

Wielkobazowa
Interferometry
Radiowa
VLBI

VLBI

VLA @ 5 GHz

x 2300

20 mas (70 l.y.)

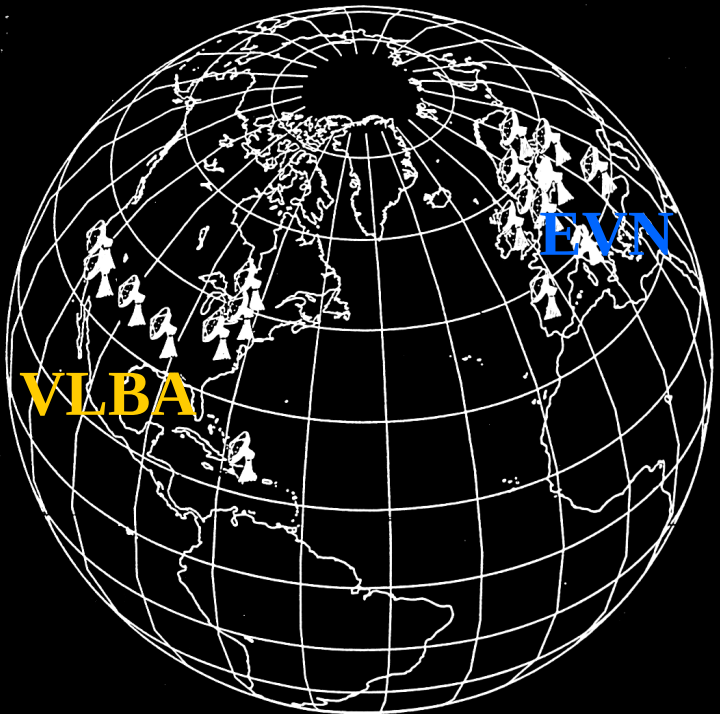
VLBI @ 22 GHz

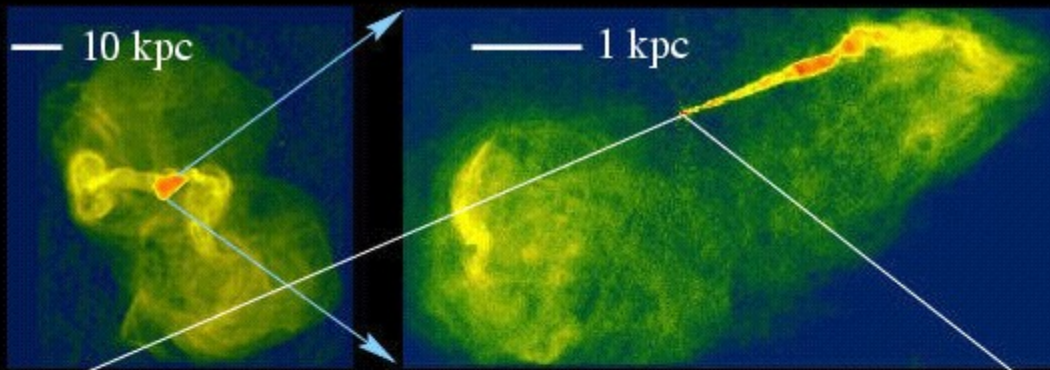
x 2.5

(~6000 x)

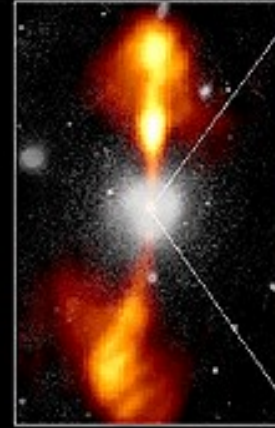
VLBI @ 43 GHz

~10 light years



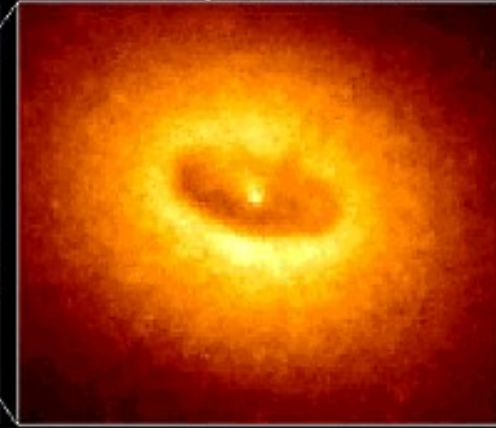


Ground-based Optical/Radio Image



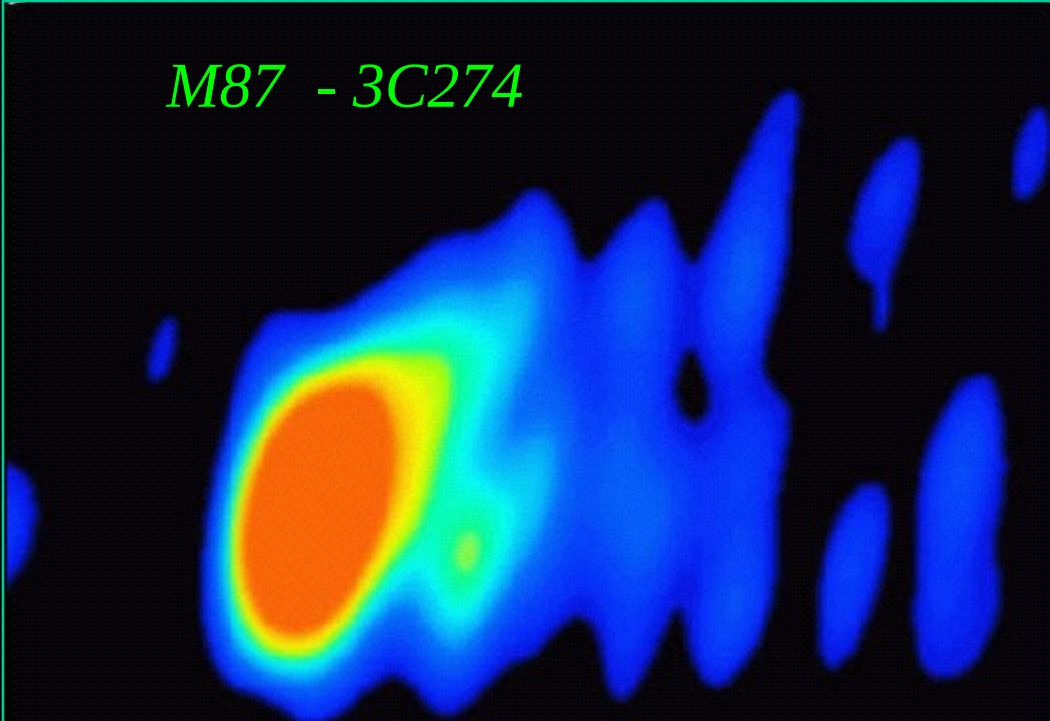
380 Arcseconds
88,000 Lightyears

HST Image of a Gas and Dust Disk

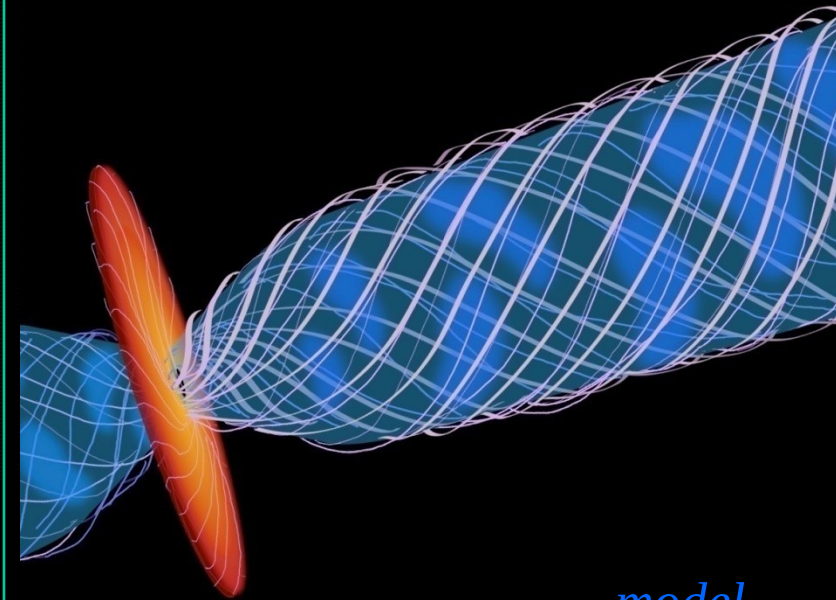


1.7 Arcseconds
400 Lightyears

M87 - 3C274

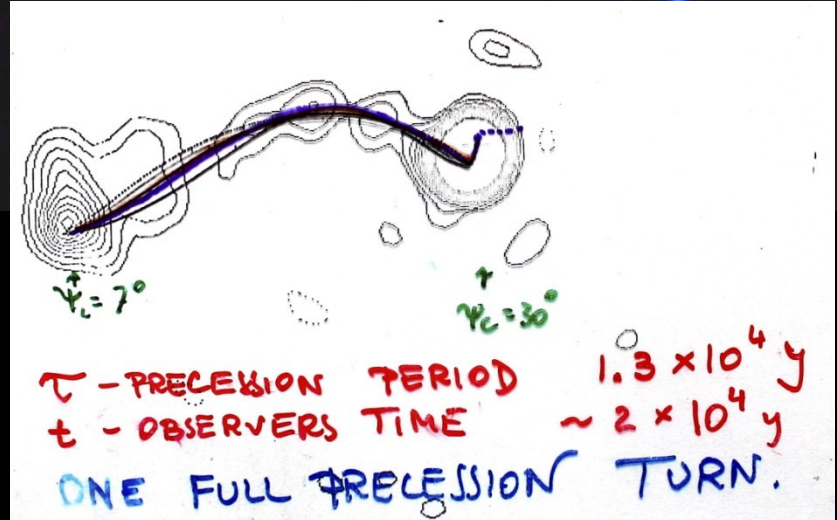
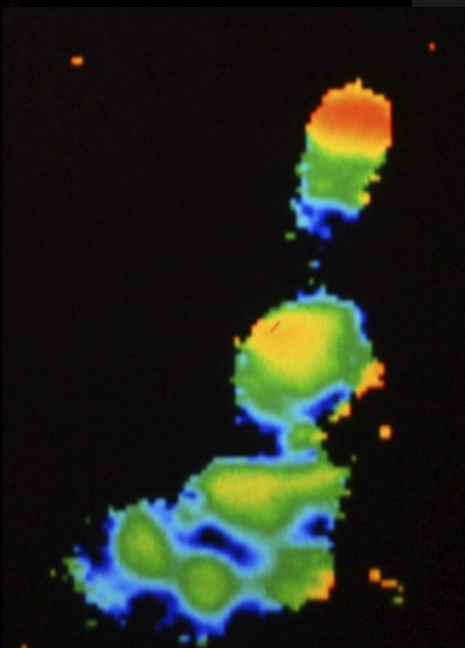
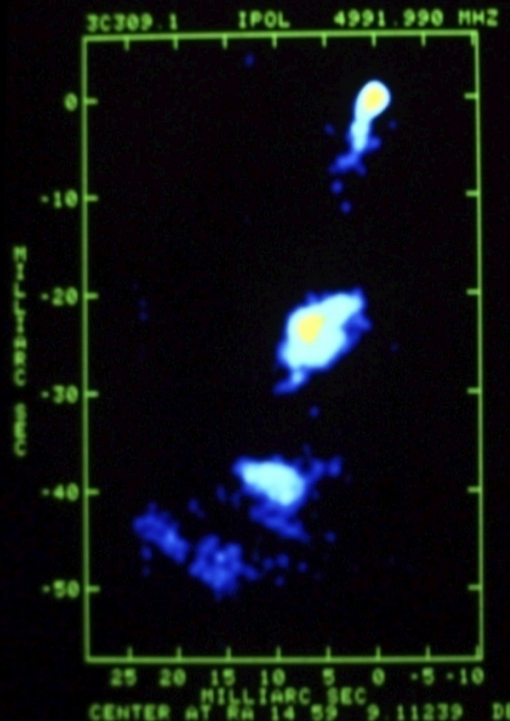
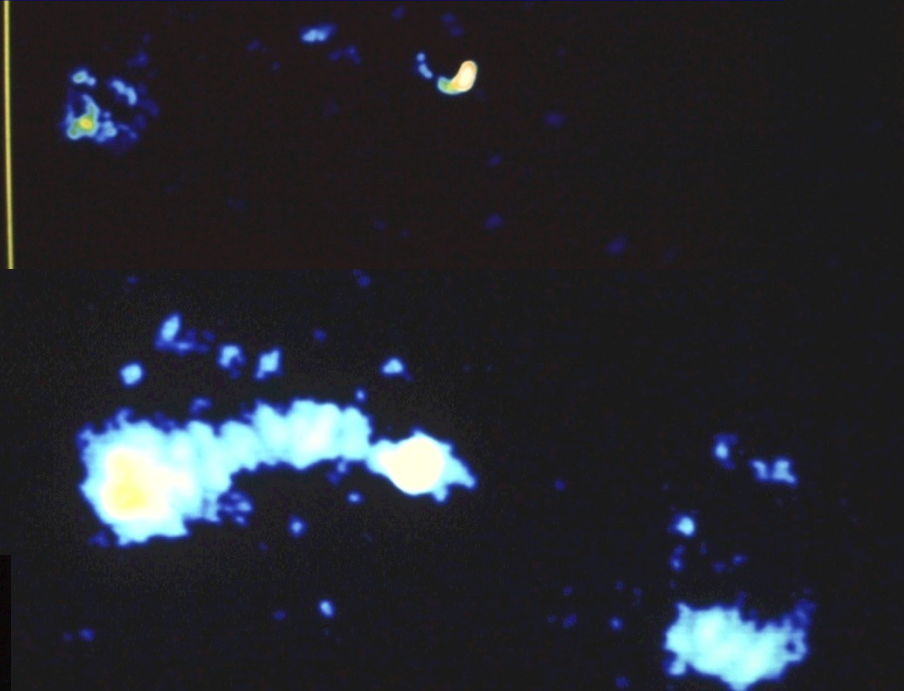
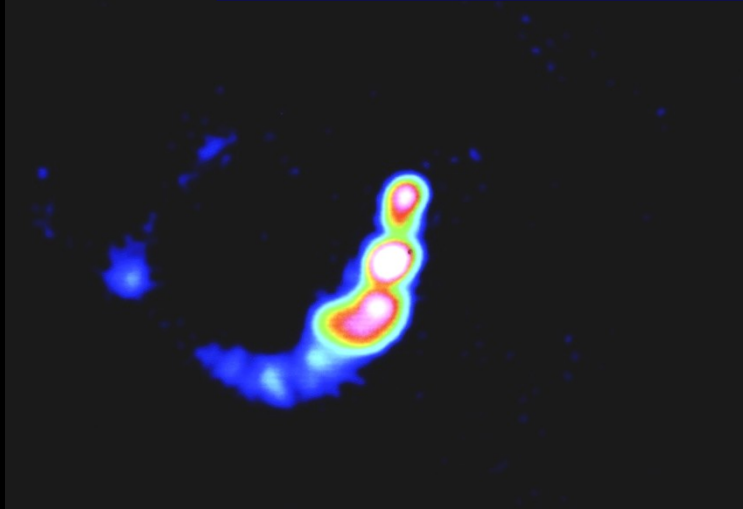


M87 dżet radiowy - obraz z VLBI

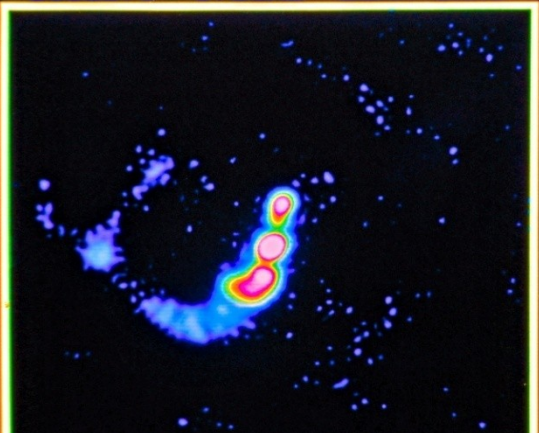


model

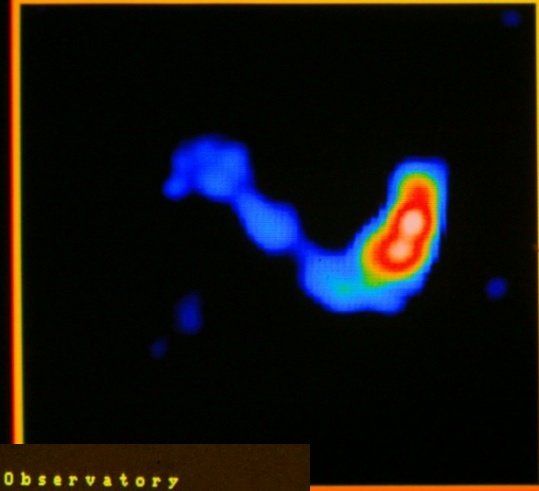
Radiowe badania kwazara SSC 3c309.1



3C309.1 1.6GHZ BEAM 6MAS

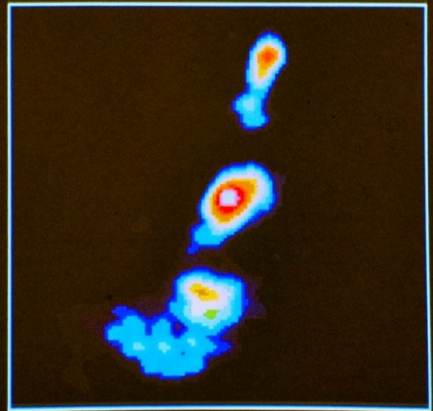


3C309.1 93cm VLBI beam=15mas



Torun Radio Astronomy Observatory

Source name : 3C309.1 Freq. : 1662 MHz Glob. VLBI 1982.9

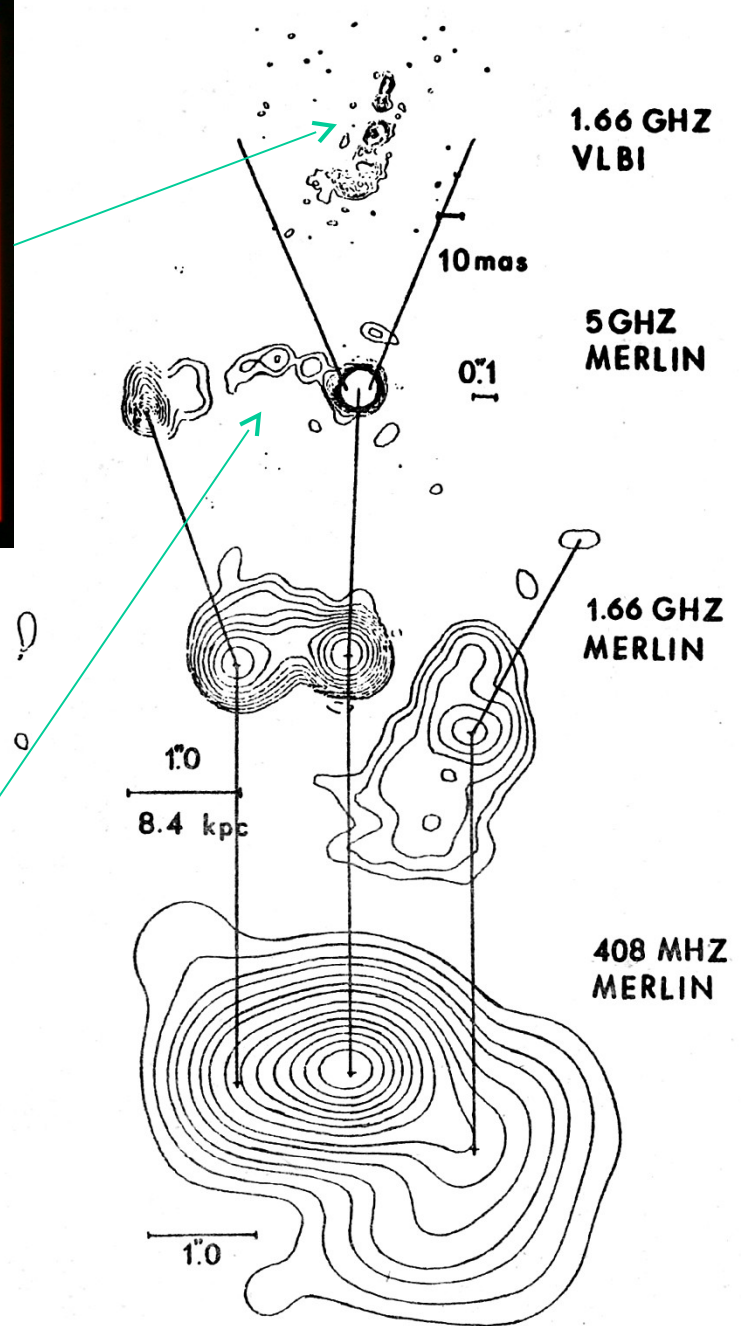
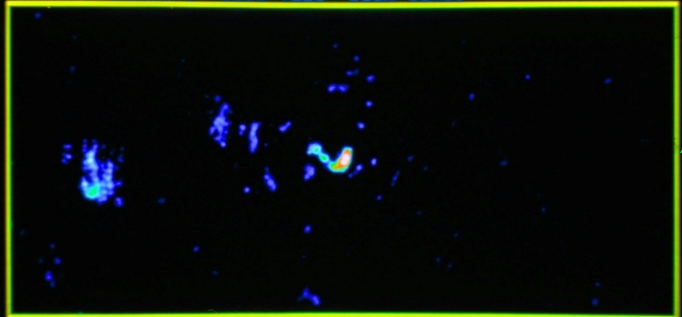


10. mas

Beam 2.5 mas

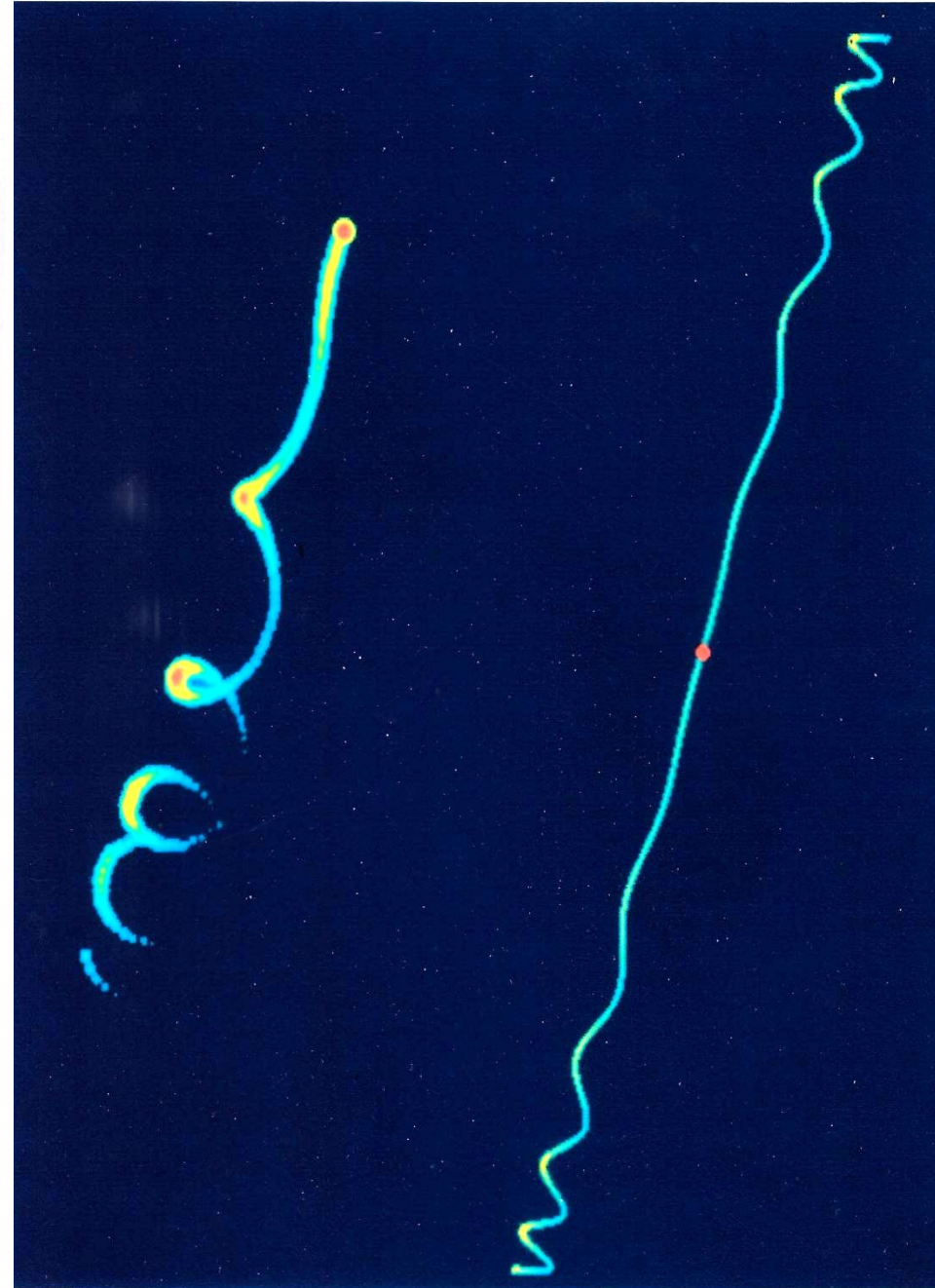
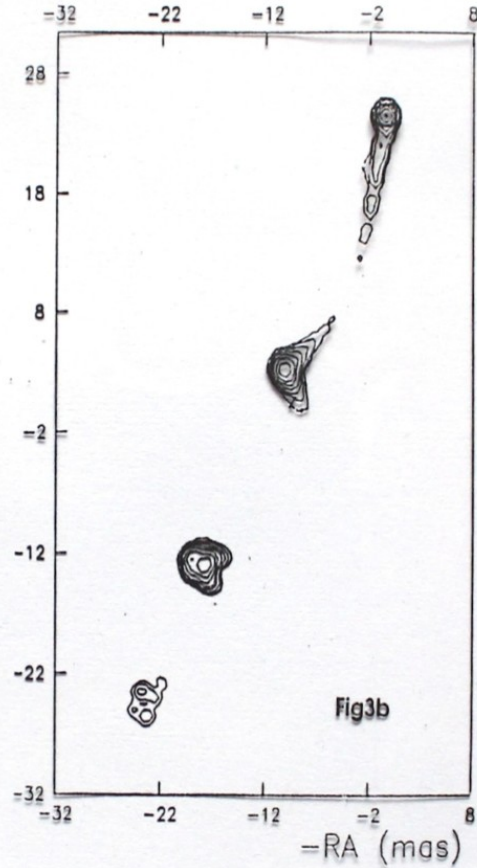
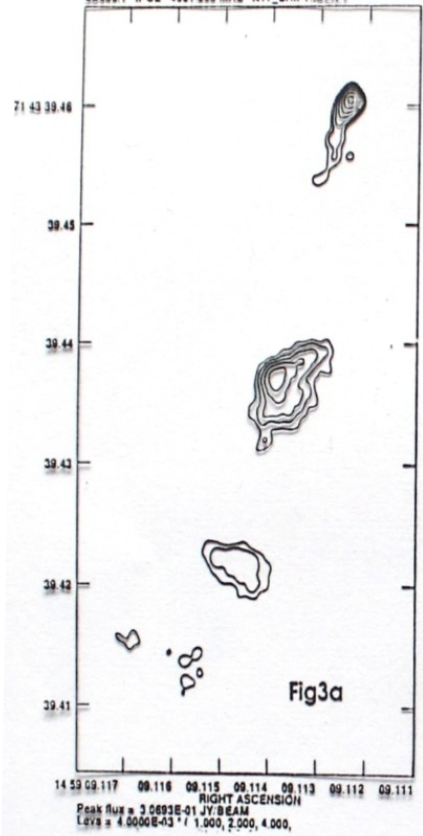
Scale = 720. mJy

3C309.1 93cm VLBI beam=15mas



Struktura kwazara 3C 309.1 obserwowana w różnych skalach (A. Kus, *Radiowe badania kwazara* . Wyd. UMK, Toruń 1985)

Plot file version 5 created 15-NOV-1992 22:12:01
30309.1 IPOL 4301 990 MHz K17_SHIFT.C1.N.1



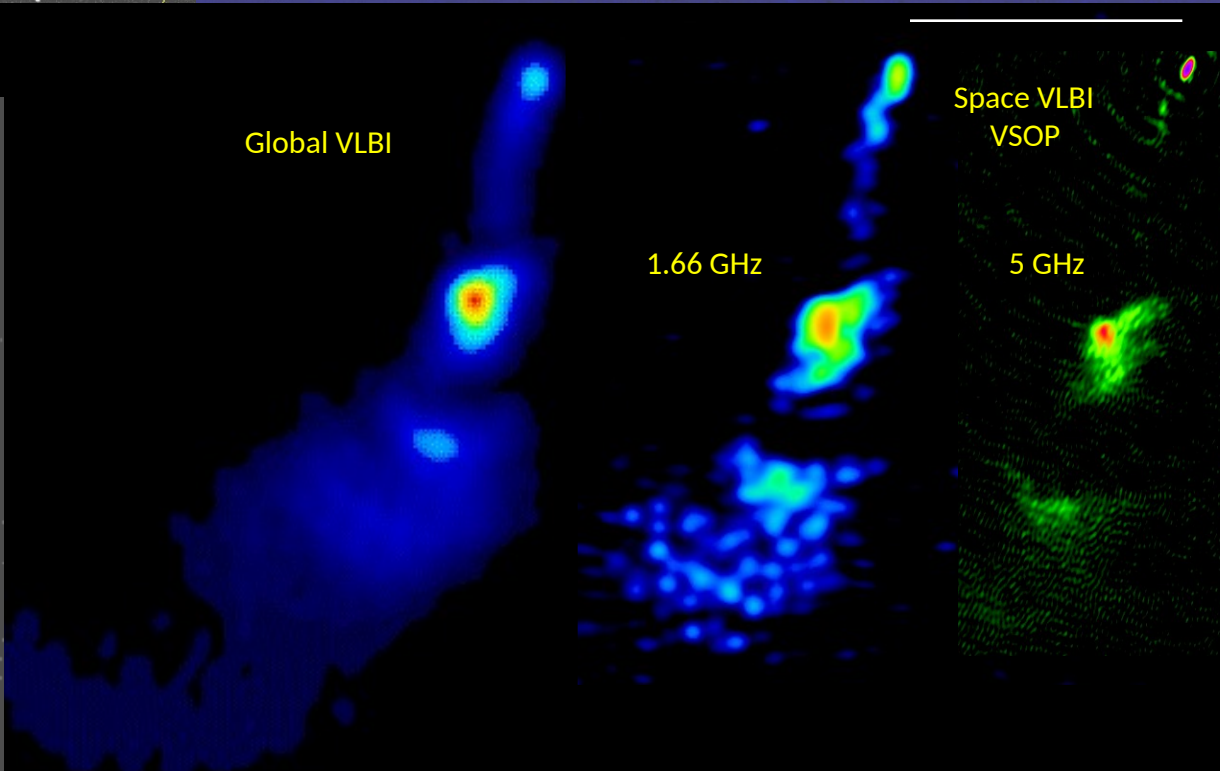
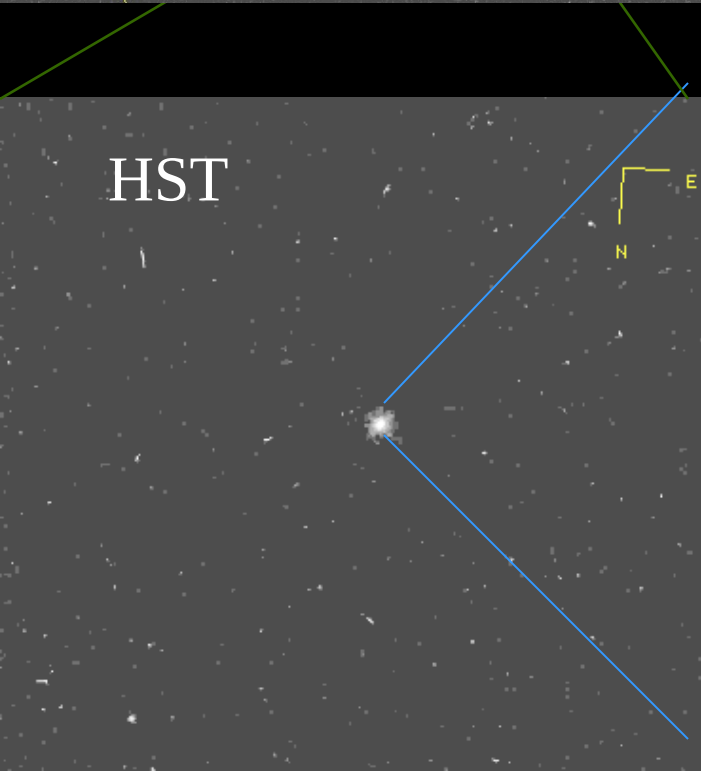
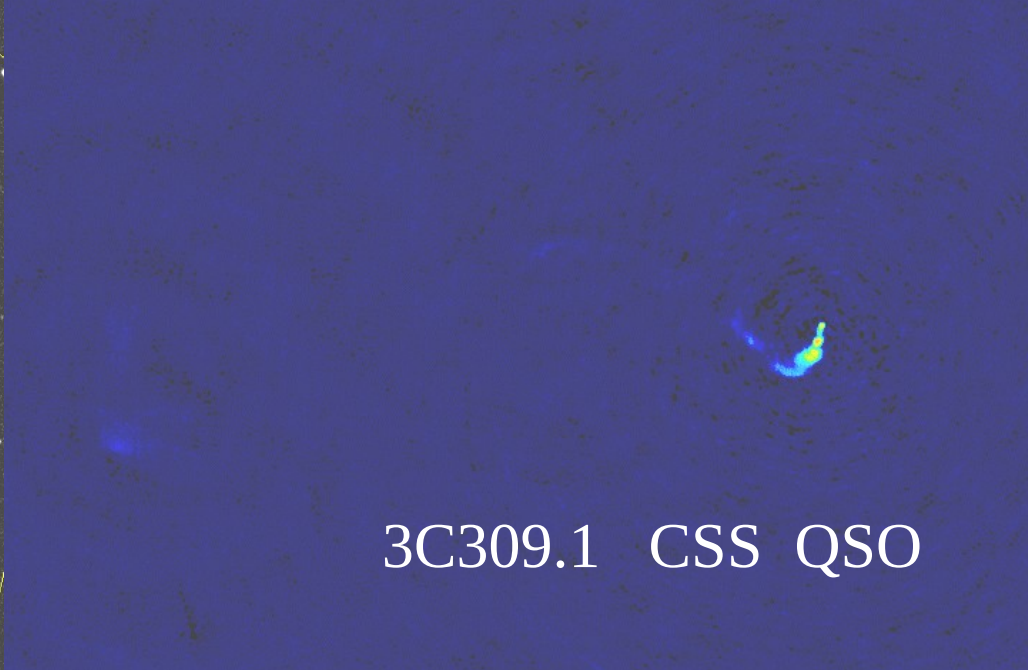
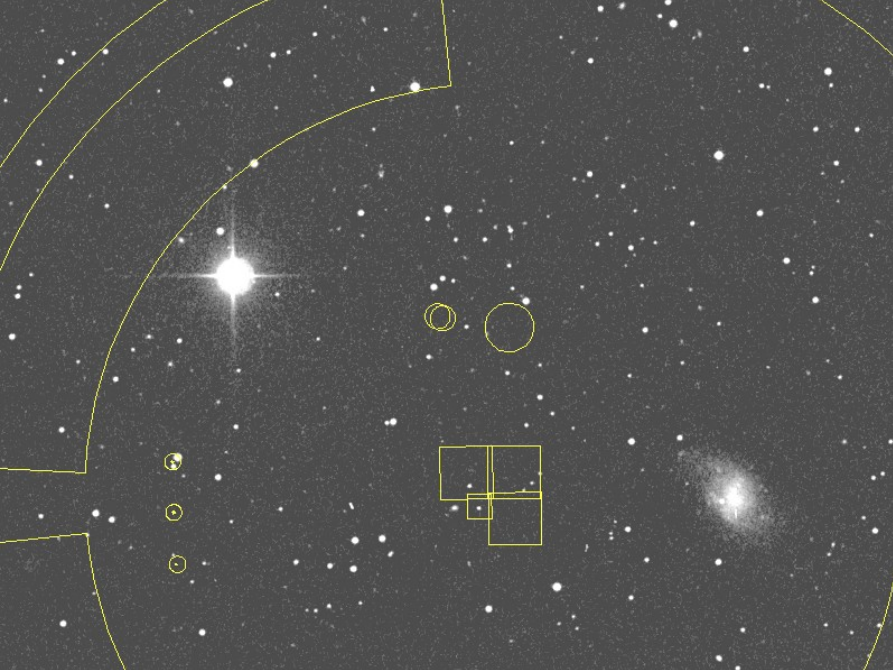
Helical relativistic jet

jet axis to LoS

20°

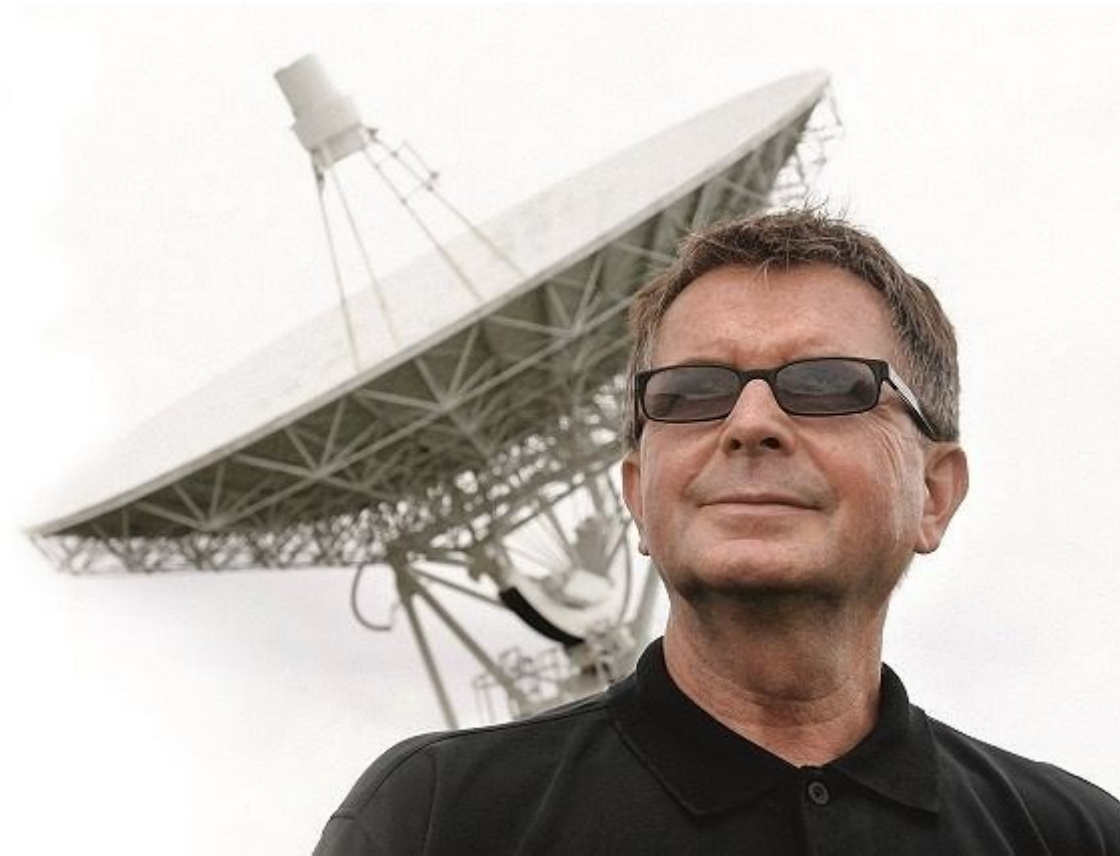
and

90°

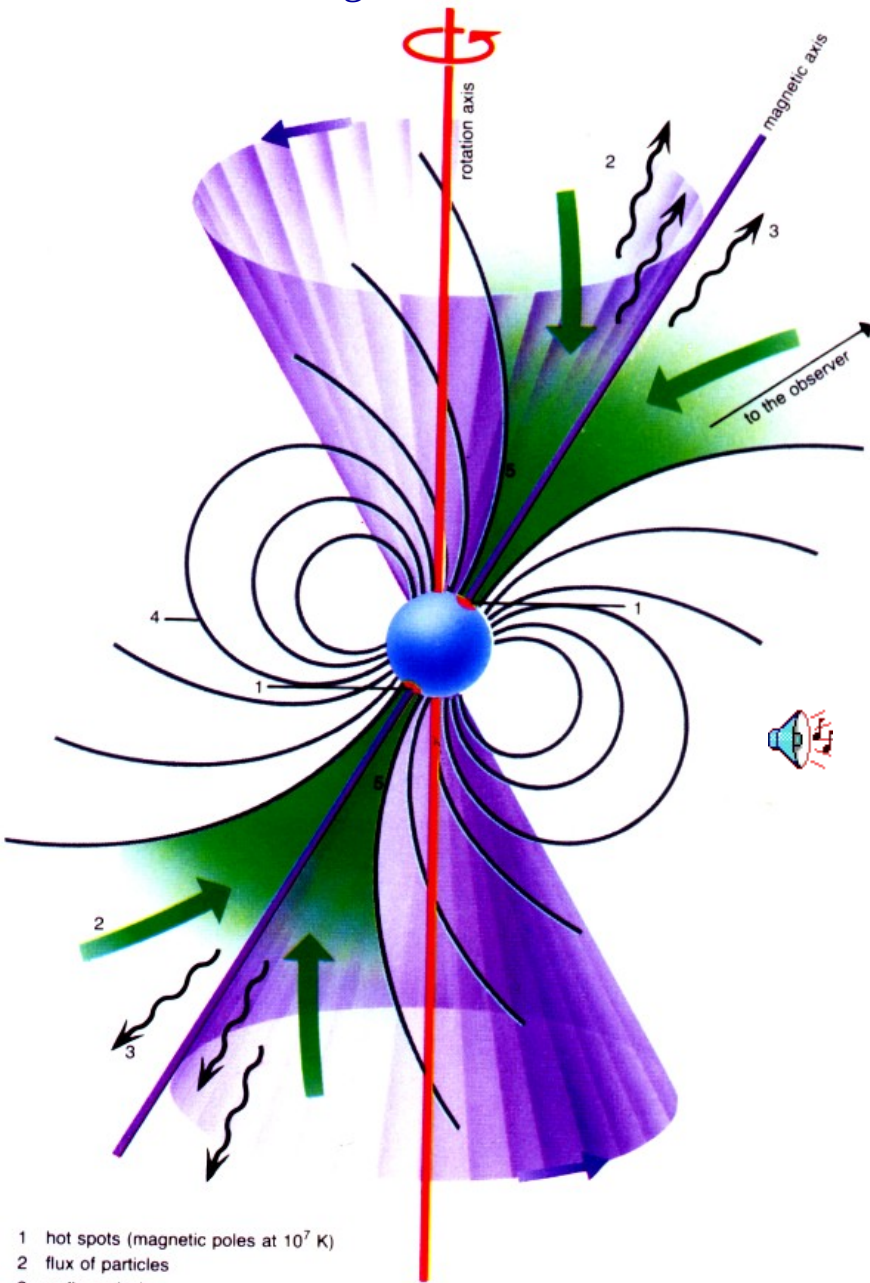


Pulsary na RT-4 30% czasu obserwacyjnego (1996-2000)

Prof. A. Wolszczan + zespół pulsarowy

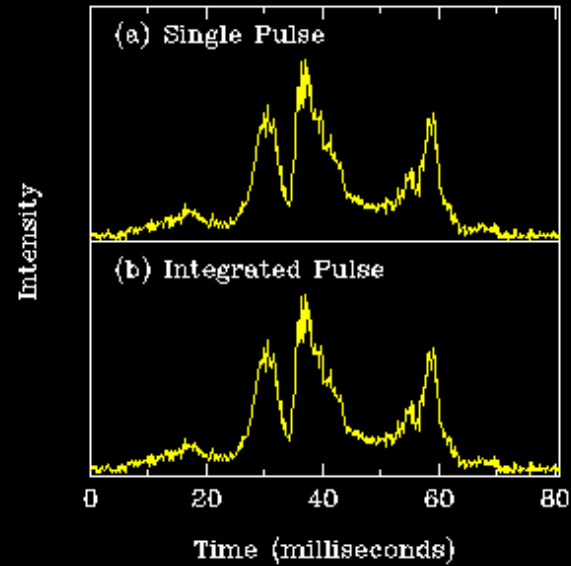


Pulsars - magnetized neutron stars



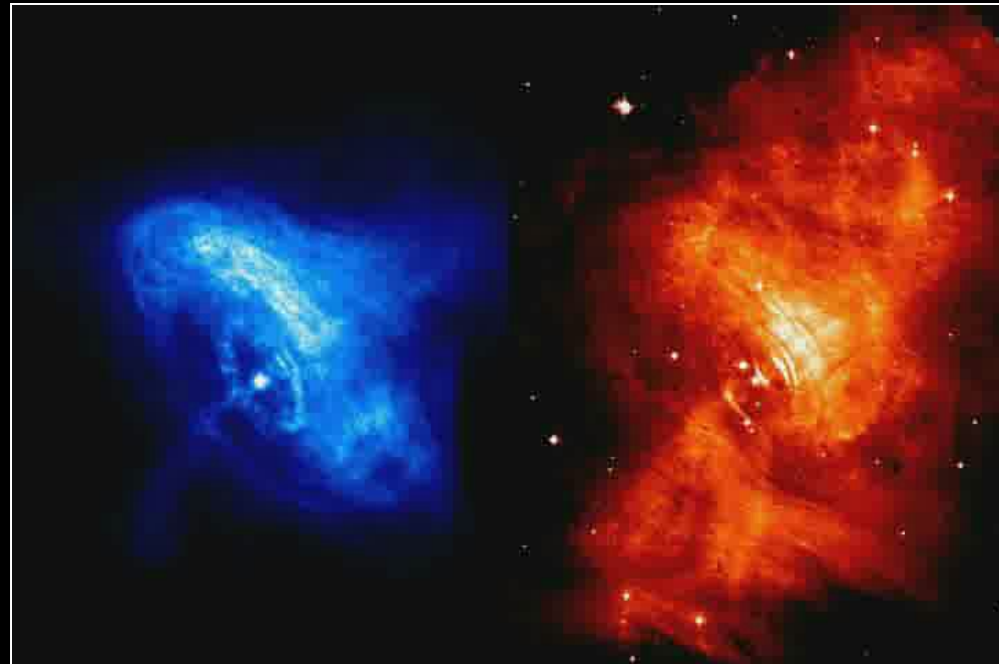
- 1 hot spots (magnetic poles at 10^7 K)
- 2 flux of particles
- 3 radio emission
- 4 magnetic force lines
- 5 accretion column

Pulse number: 1



APiR data

X-ray image of Crab pulsar envelope



Pulsary na RT-4 30% czasu obserwacyjnego (1996-2000)

Chronometraż ok. 100 pulsarów
poszukiwania i badanie egzoplanet

Prof. A. Wolszczan + doktoranci:

W. Lewandowski, B. Jacoby, M. Konacki,
M. Redmerska, G. Feiler, +
A. Maciejewski, A. Niedzielski ESP

Pasma „L”: 1700 MHz

Chłodzony odbiornik

Dwa kanały kołowej polaryzacji

PSPM-2

Parametry:

Dwa kanały polaryzacji kołowej,

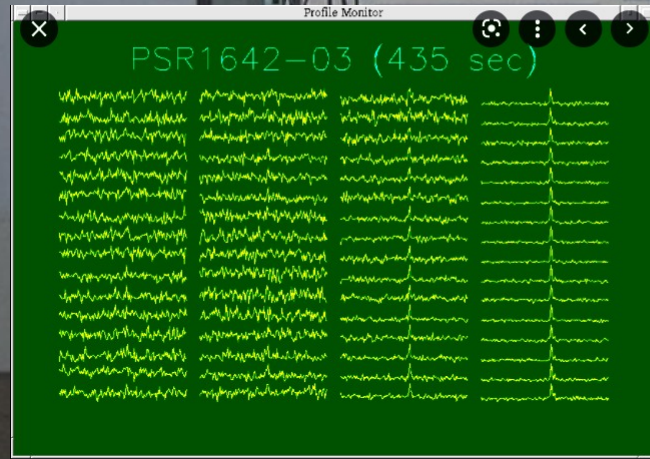
Pasma $64 \times 3 = 192 \text{ MHz}$,

Sun Work Station,

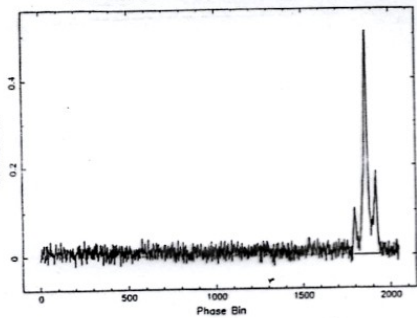
Oprogramowanie PSU,

Kumulacja synchroniczna,

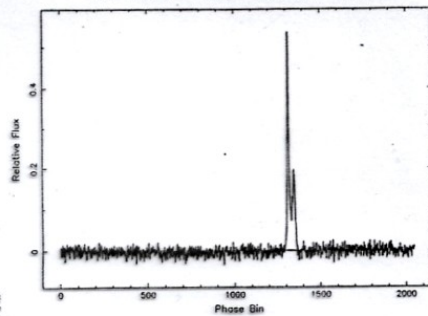
Dedykacja + wiele innych funkcji



PSR 0329+54 Freq = 1500 MHz PSPM2



PSR 1133+16 Freq = 1500 MHz PSPM2

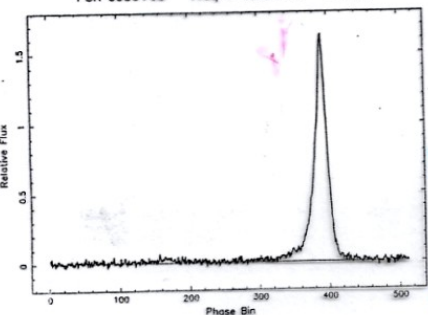


Pulsary na RT-4 (1996-2000)

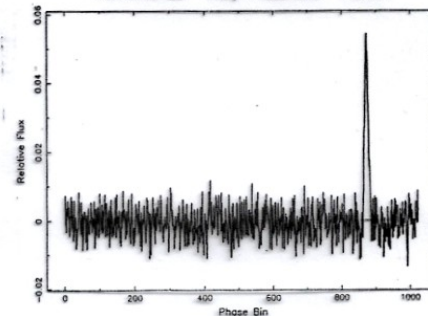
Chronometraż pulsarów

Prof. A. Wolszczan + doktoranci:

PSR 0950+08 Freq = 1500 MHz PSPM2



PSR 1749-28 Freq = 1500 MHz PSPM2

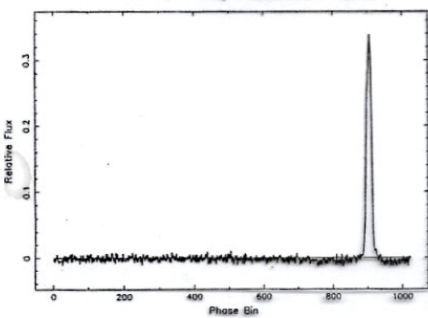


Wszystkie pulsary z listy obserwowane przynajmniej raz na tydzień,

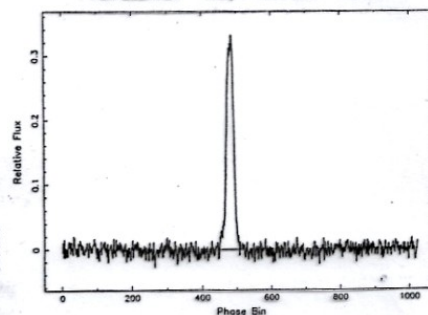
Czas integracji 60 minut do 240minut.

Ta potężna baza jednorodnych danych służyła do badania stabilności okresów wybranych pulsarów. Celem było poszukiwanie okresowości powodowanej przez zjawiska wewnętrzne lub przez krążące wokół pulsara planety.

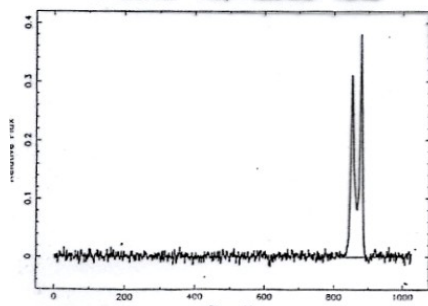
PSR 1933+16 Freq = 1500 MHz PSPM2



PSR 2021+51 Freq = 1500 MHz PSPM2

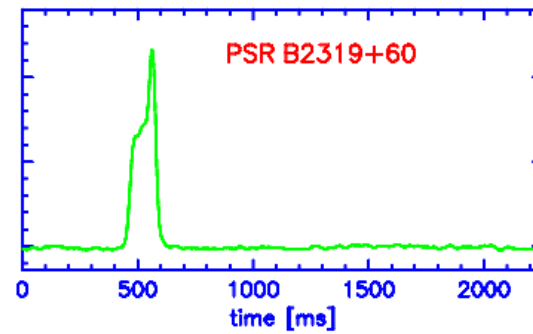
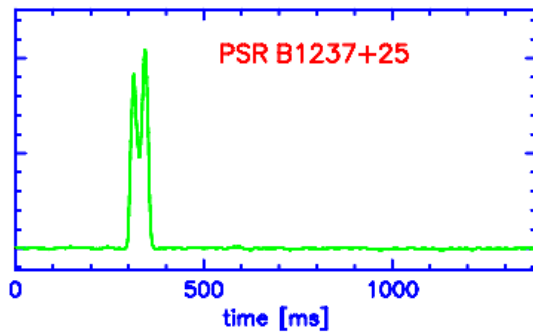
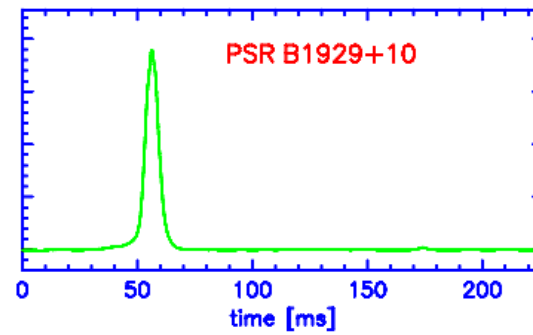
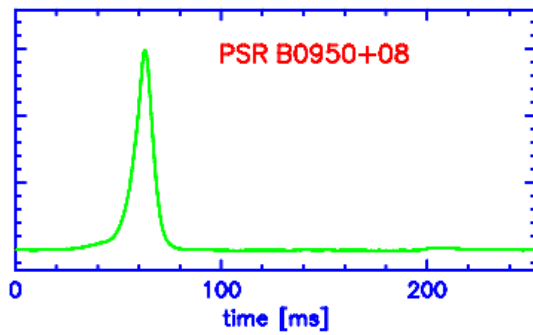
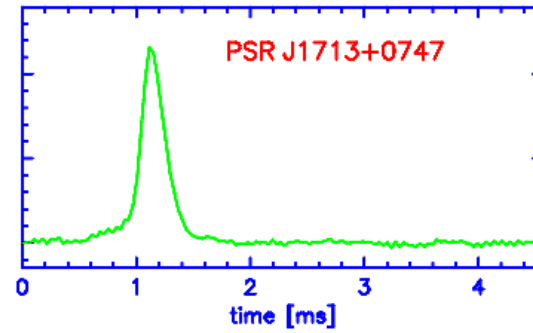
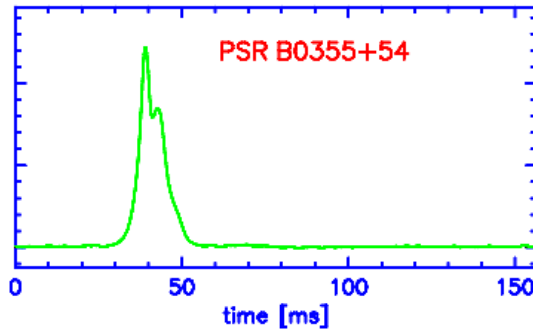
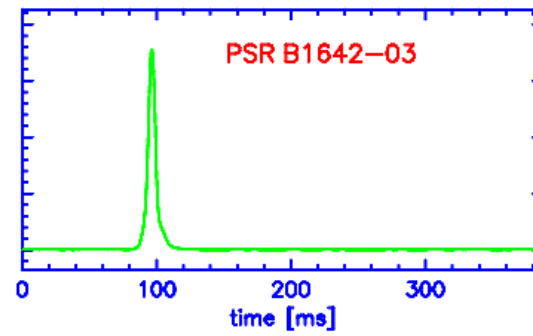
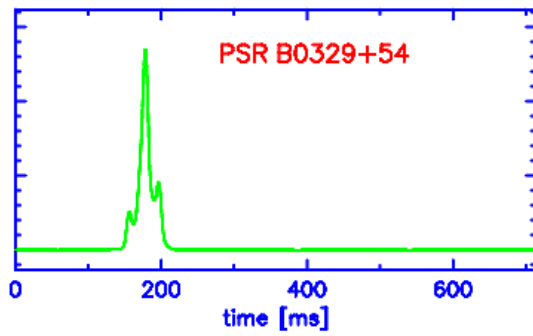


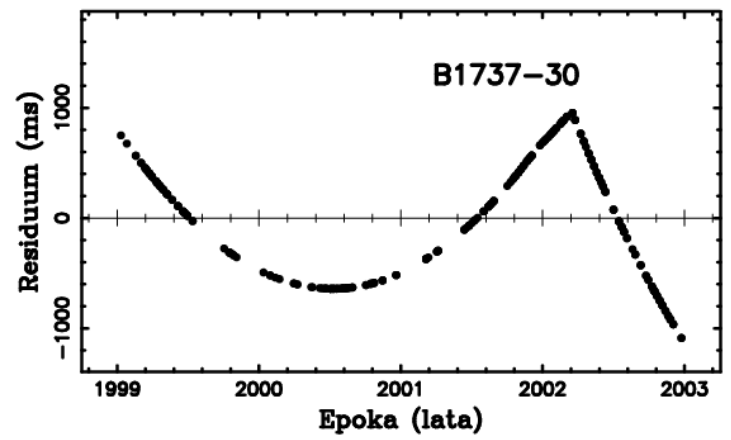
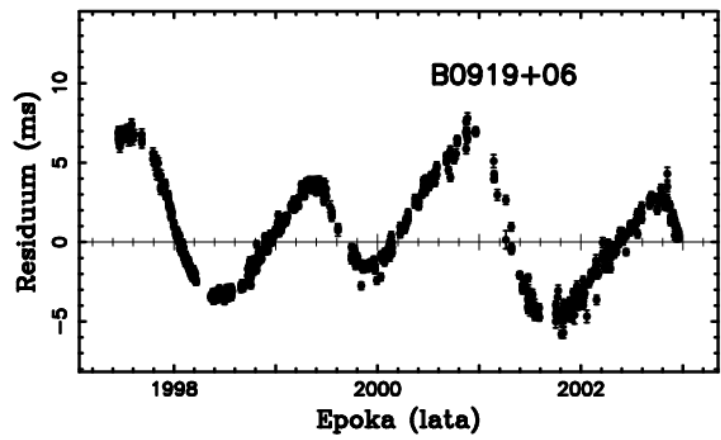
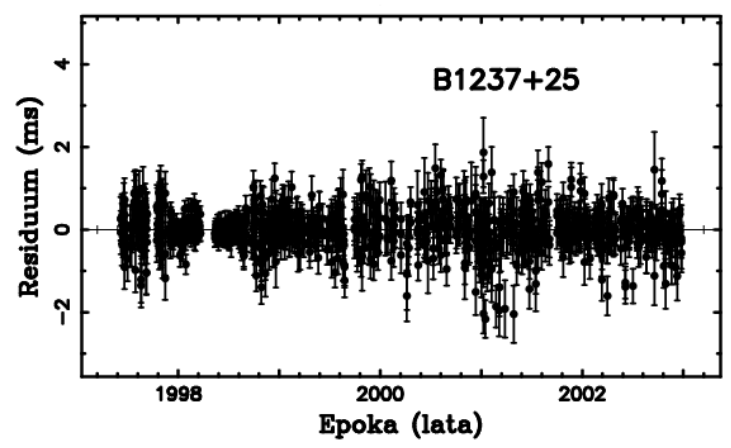
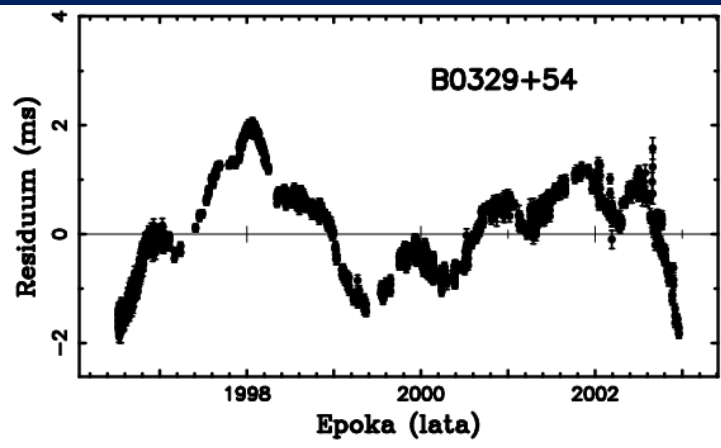
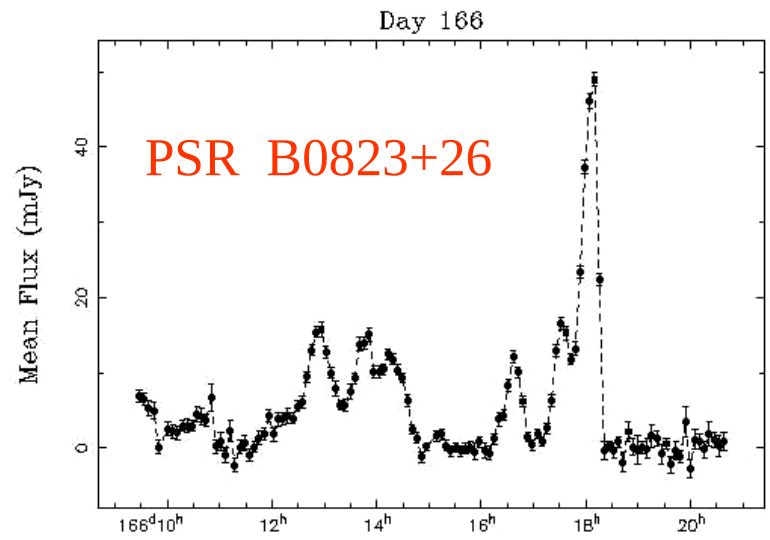
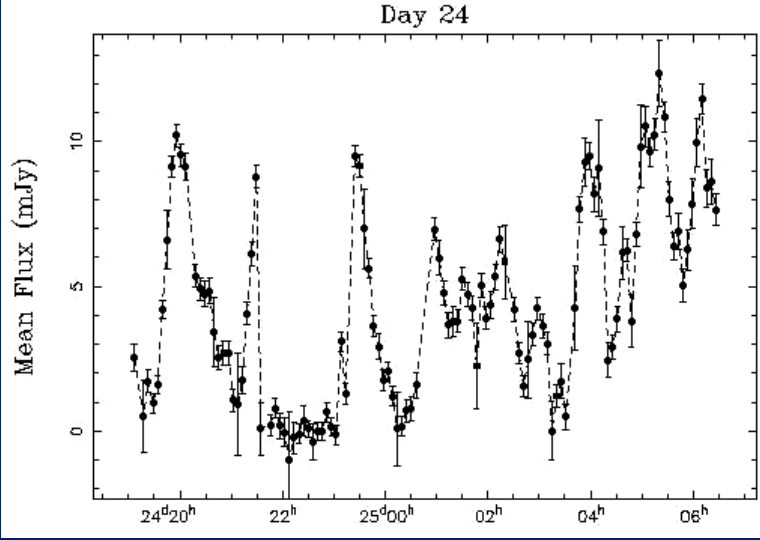
PSR 2020+28 Freq = 1500 MHz PSPM2



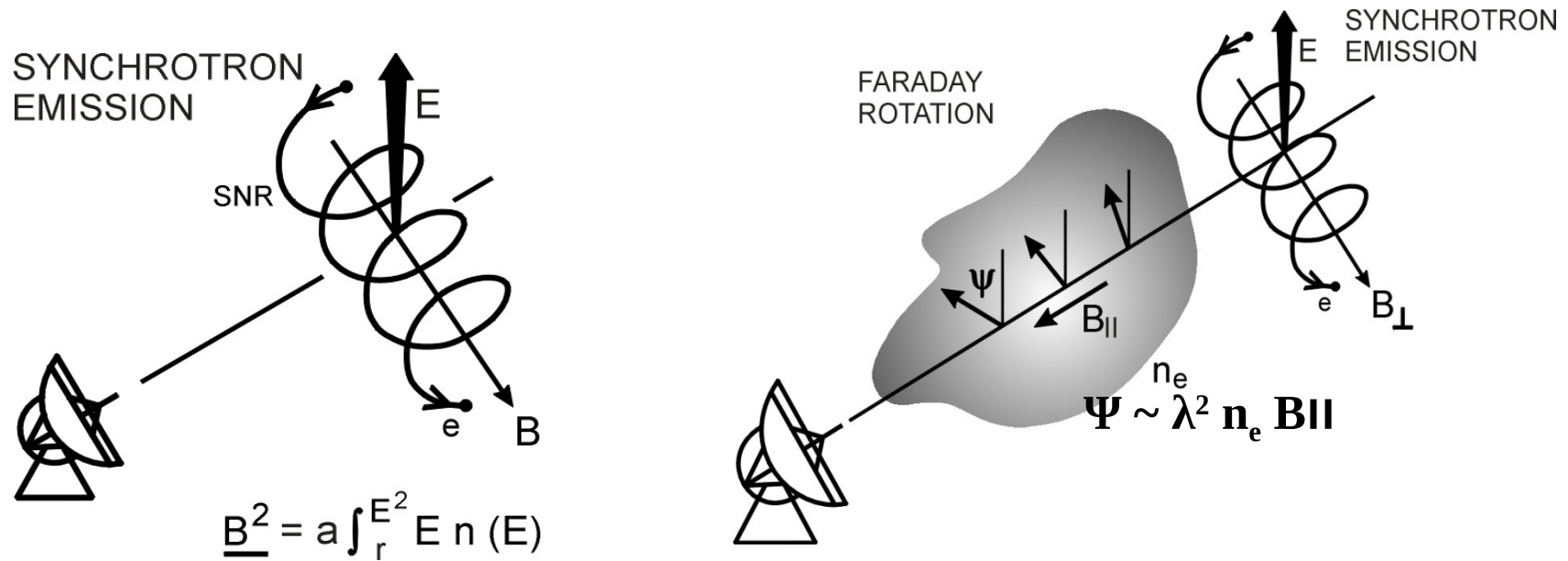
Pierwsze wyniki obserwacji gwiazd neutronowych "maszyną pulsarową" PSPM2 na 32m teleskopie. Obserwacje przeprowadzono na początku lipca 96, każdy wykres to 10 minut integracji sygnału.







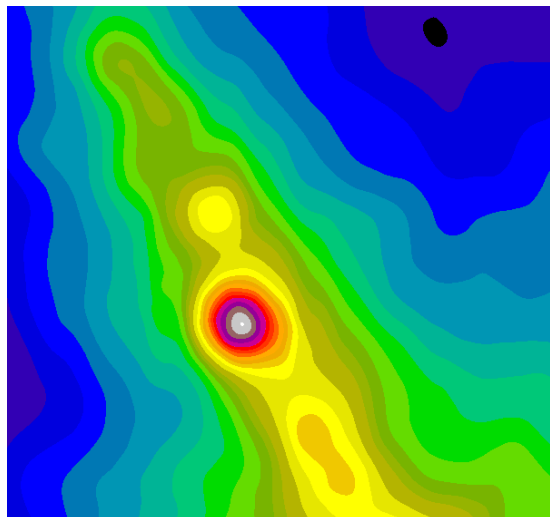
Radiopolarymetria – metoda pomiaru kosmicznych pól magnetycznych



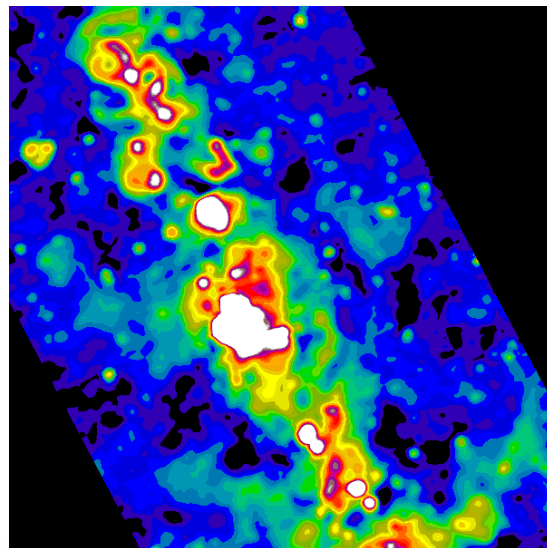
Radio waves emerge polarized from magnetic field regions

Radio waves suffer rotation In the interstellar medium

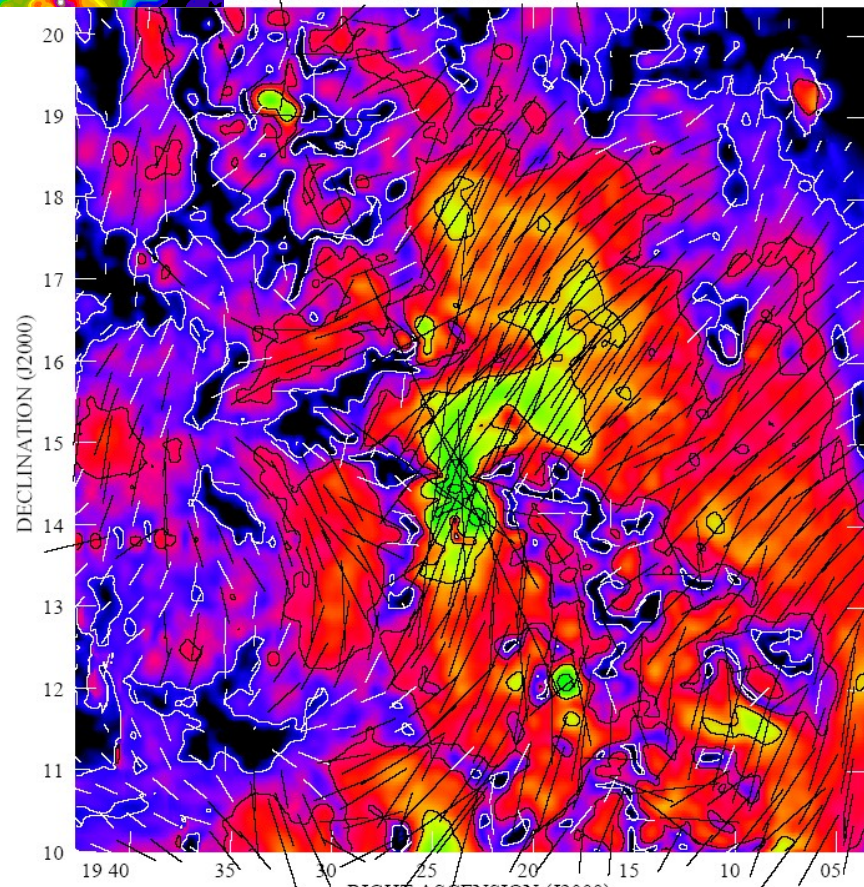
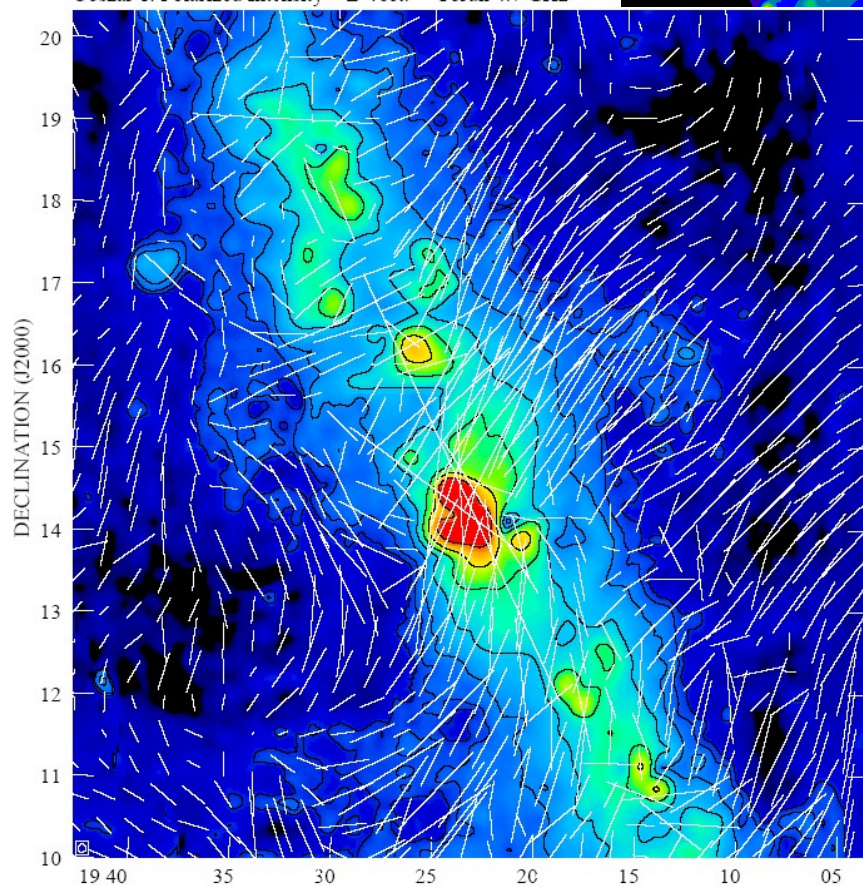
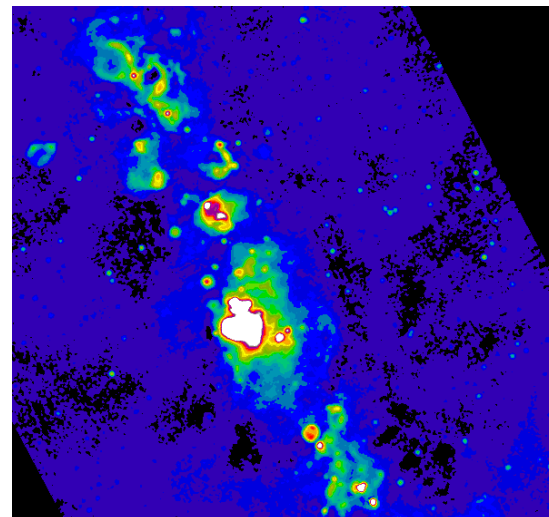
Pomiary polaryzacji dają nam możliwość wektora natężenia pola magnetycznego



Obszar 1. Polarized Intensity + B-vect. Torun 4.7 GHz



Power + Pol.Int. B-vect. Torun 4.7 GHz



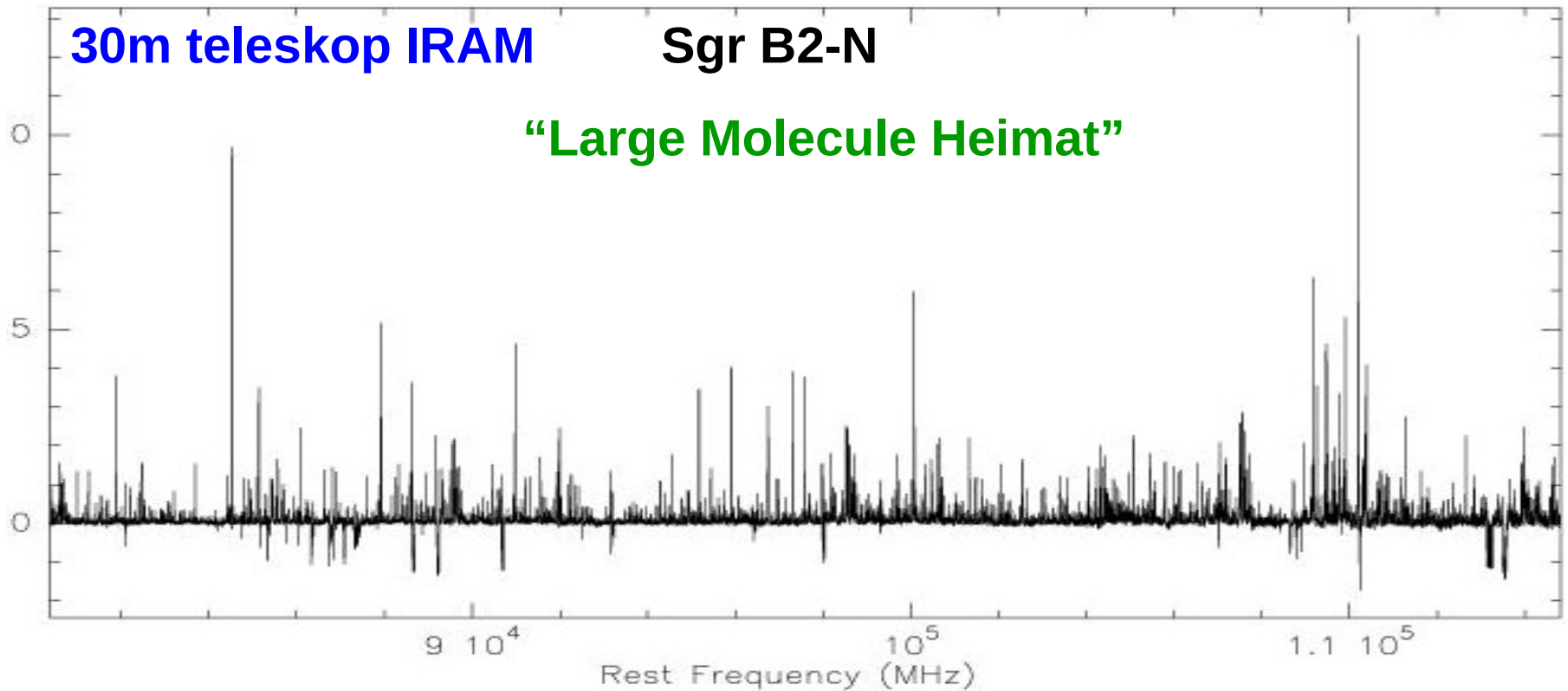


*radiowa
spektroskopia
molekuły*

30m teleskop IRAM

Sgr B2-N

“Large Molecule Heimat”



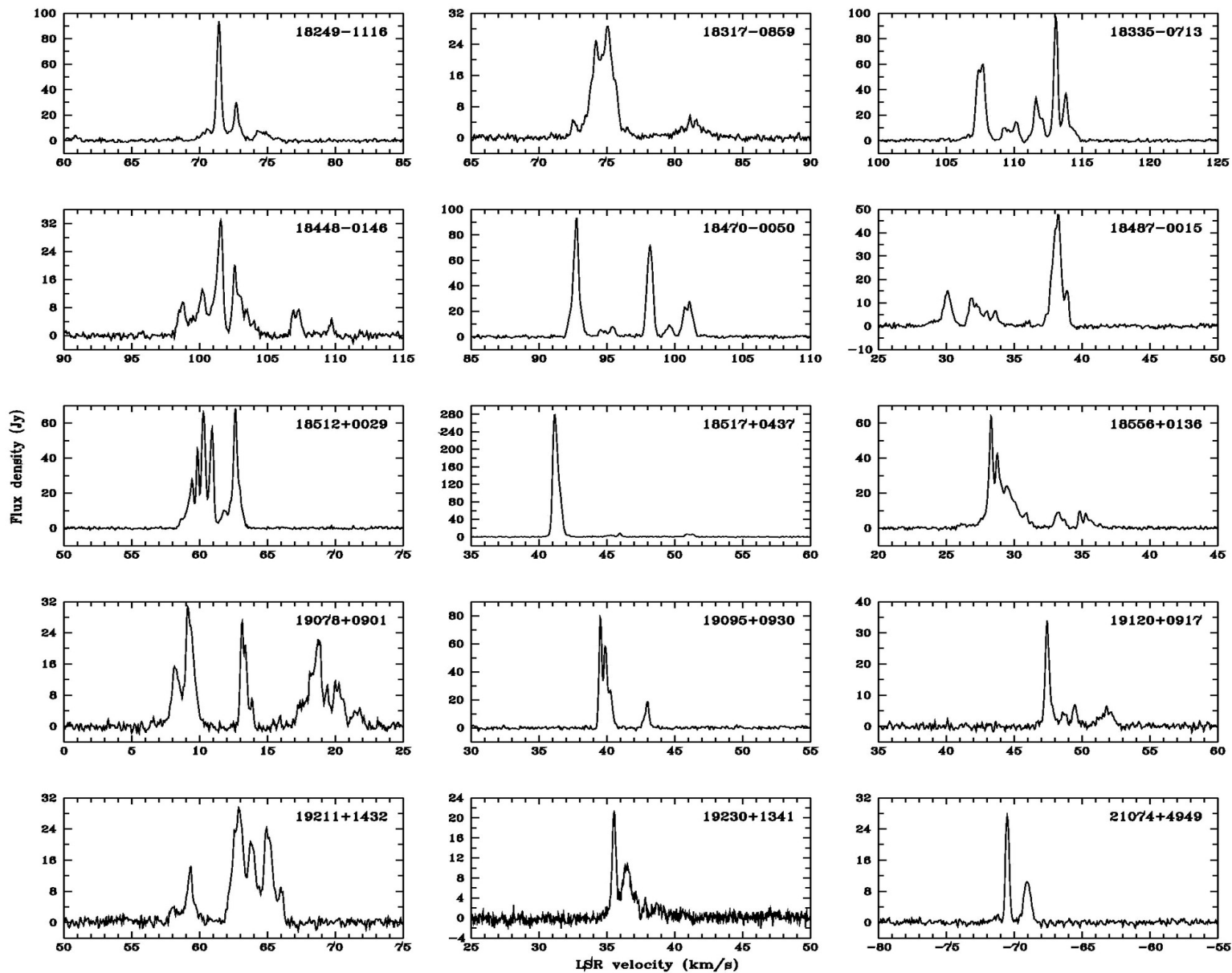
Pasmo 3 mm (70 – 116 GHz) w przedziale 500 MHz jest aż 2000 – 3000 linii!!!!

~10 minut integracji/spectrum → poziom konfuzji

(Belloche, Comito, Hieret, Leurini, Menten, Schilke)

Z teleskopem ALMA możliwe będą obserwacje całego zakresu fal mm w ciągu **10 minutes** do poziomu konfuzji

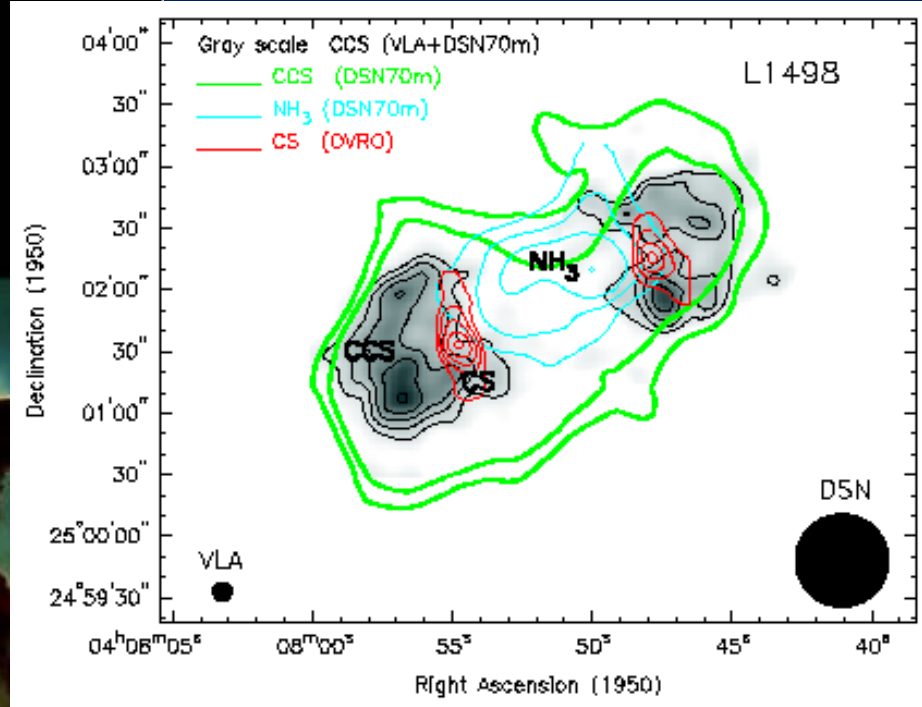
Metanol CH_3OH





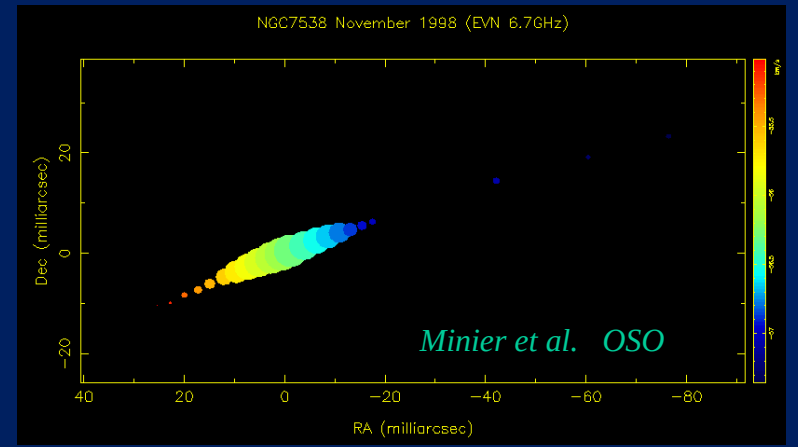
M17 - HST

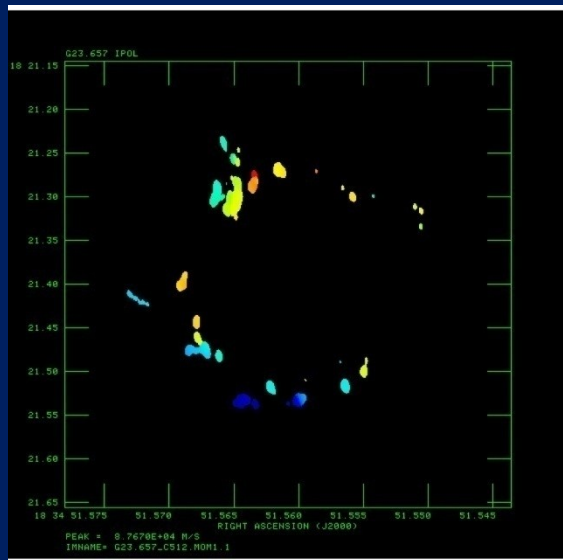
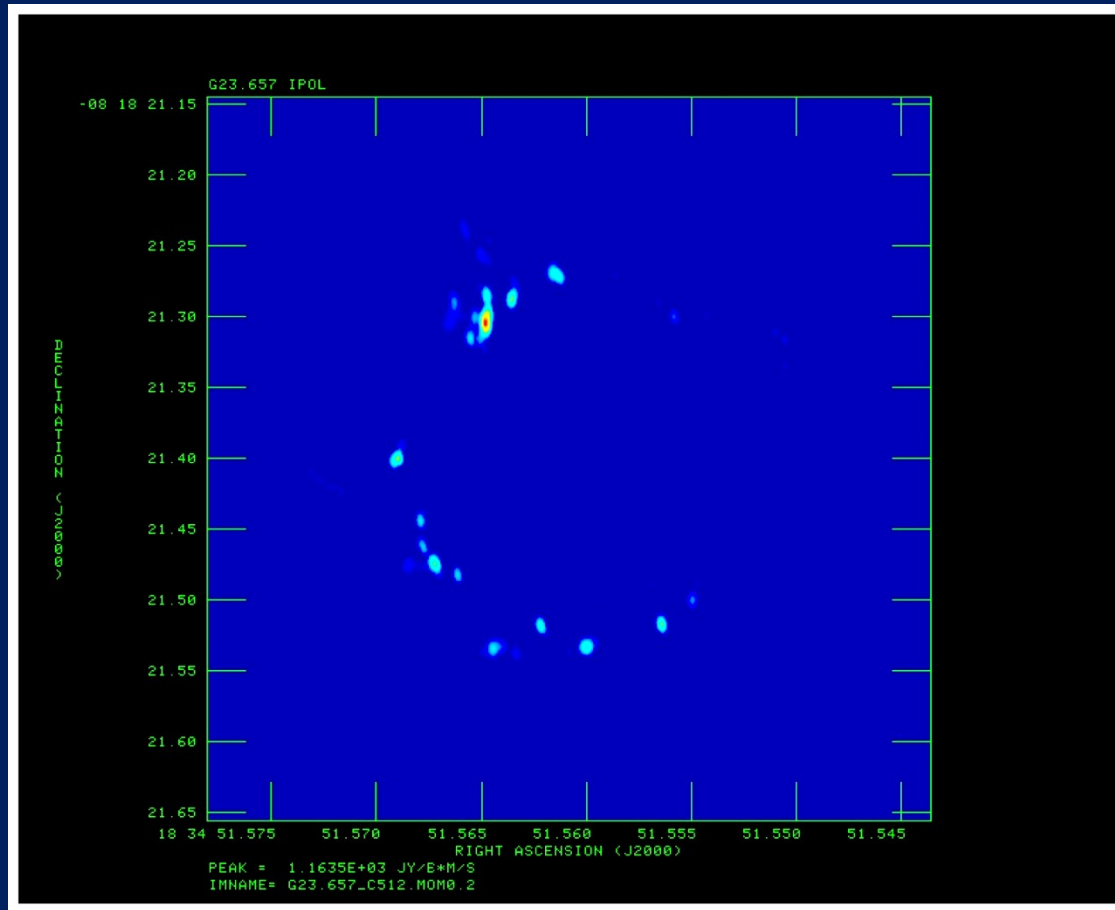
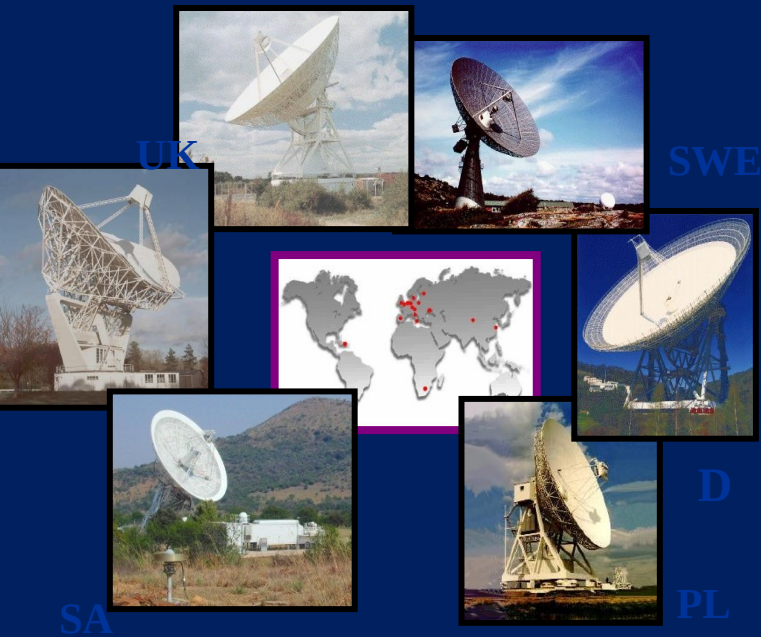
Atomowy i molekularny gaz + pył



Mgławica Lagoon - HST

Metanol CH₃OH w dysku protoplanetarnym



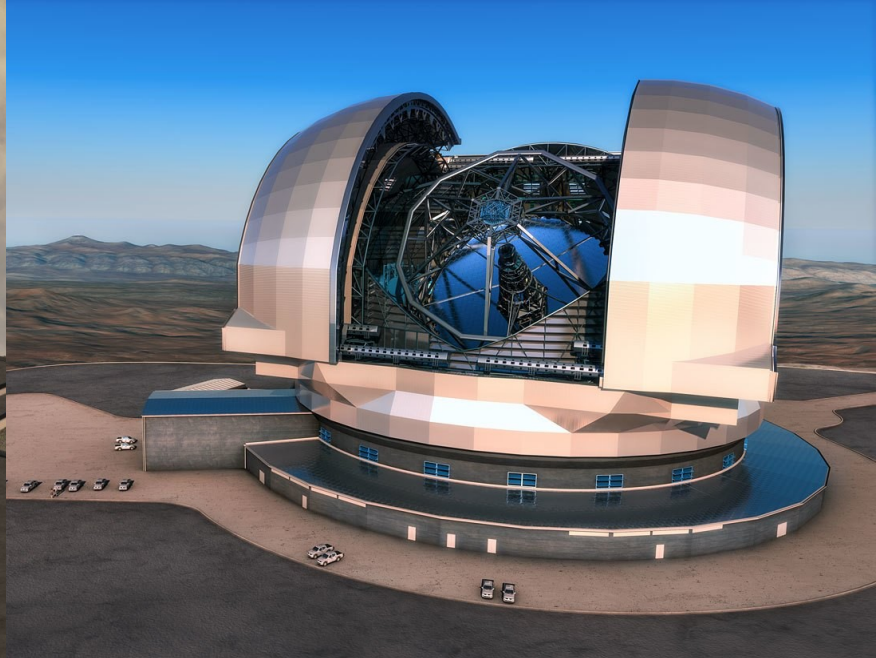
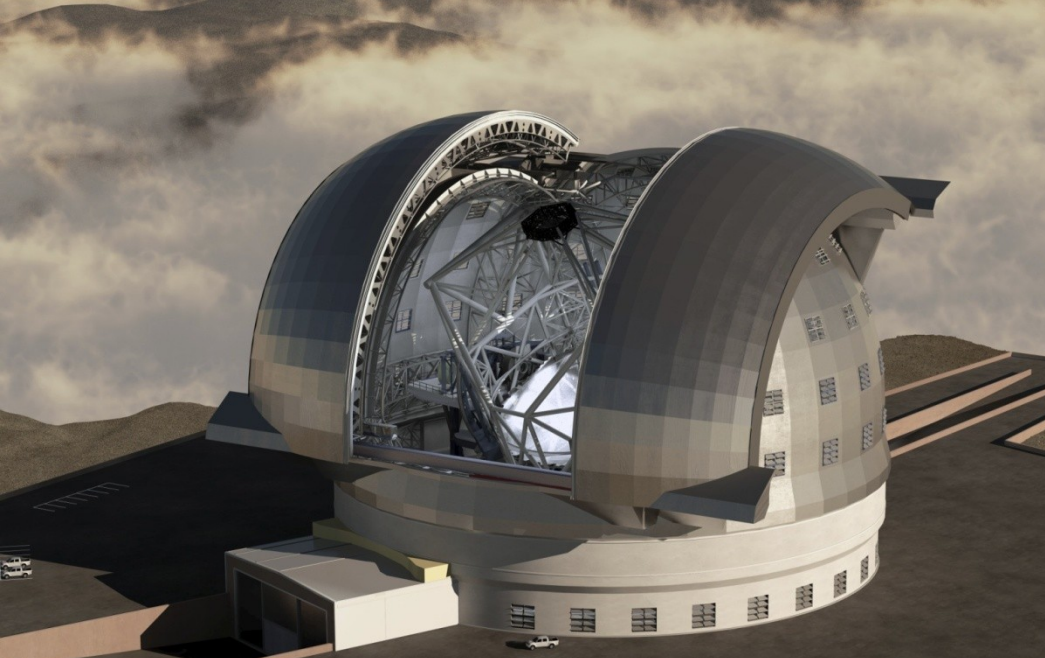


G23.657 maser metanolowy



Projekty przyszłości

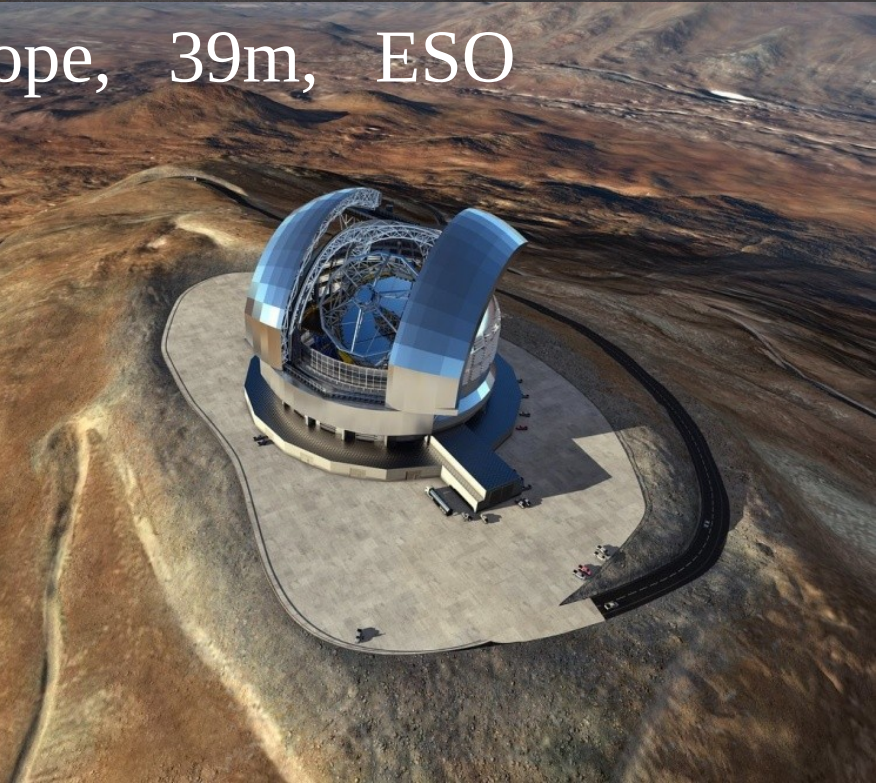
- Astronomia naziemna
- Teleskopy kosmiczne
- Bezpośrednia eksploracja Kosmosu
- Bazy Księżycowe i na Marsie
- Wielkie bazy danych i ich analiza
- Projekty i wyzwania dla AI



ELT Extremely Large Telescope, 39m, ESO



Cerro Armazones



ELT 39m M1 = 789 segmentów – luster heksagonalnych każde $l=1,4\text{m}$

Instrumenty:

High Angular Resolution Monolithic Optical and Near-infrared Integral field spectrograph

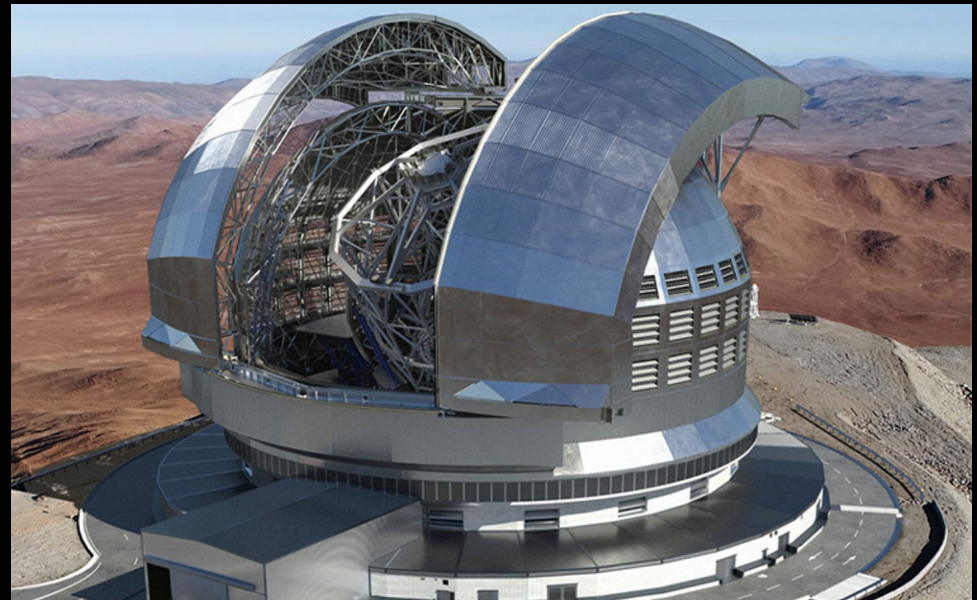
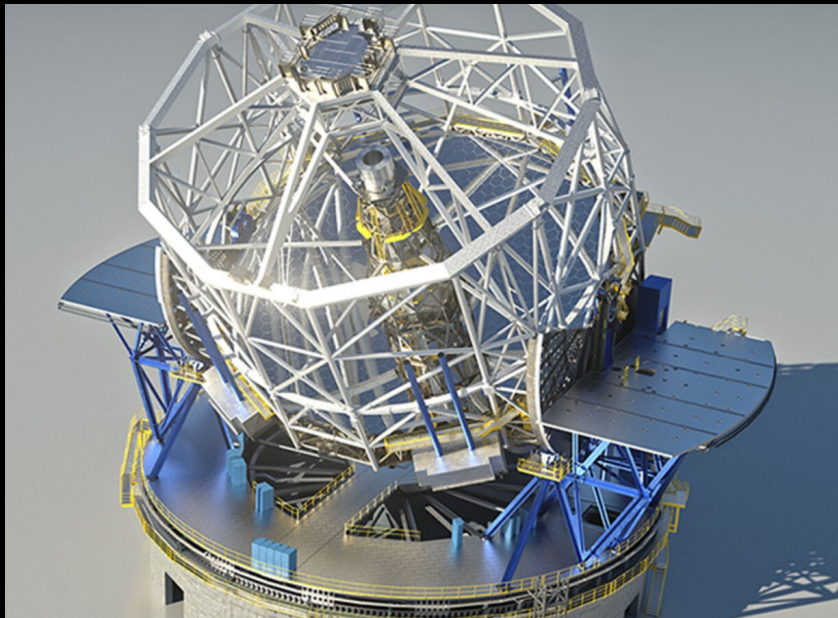
Multi-AO Imaging Camera for Deep Observations

Multiconjugate adaptive Optics Relay For ELT Observations

Mid-infrared ELT Imager and Spectrograph

ArmazoNES high Dispersion Echelle Spectrograph

Multi-Object Spectrograph





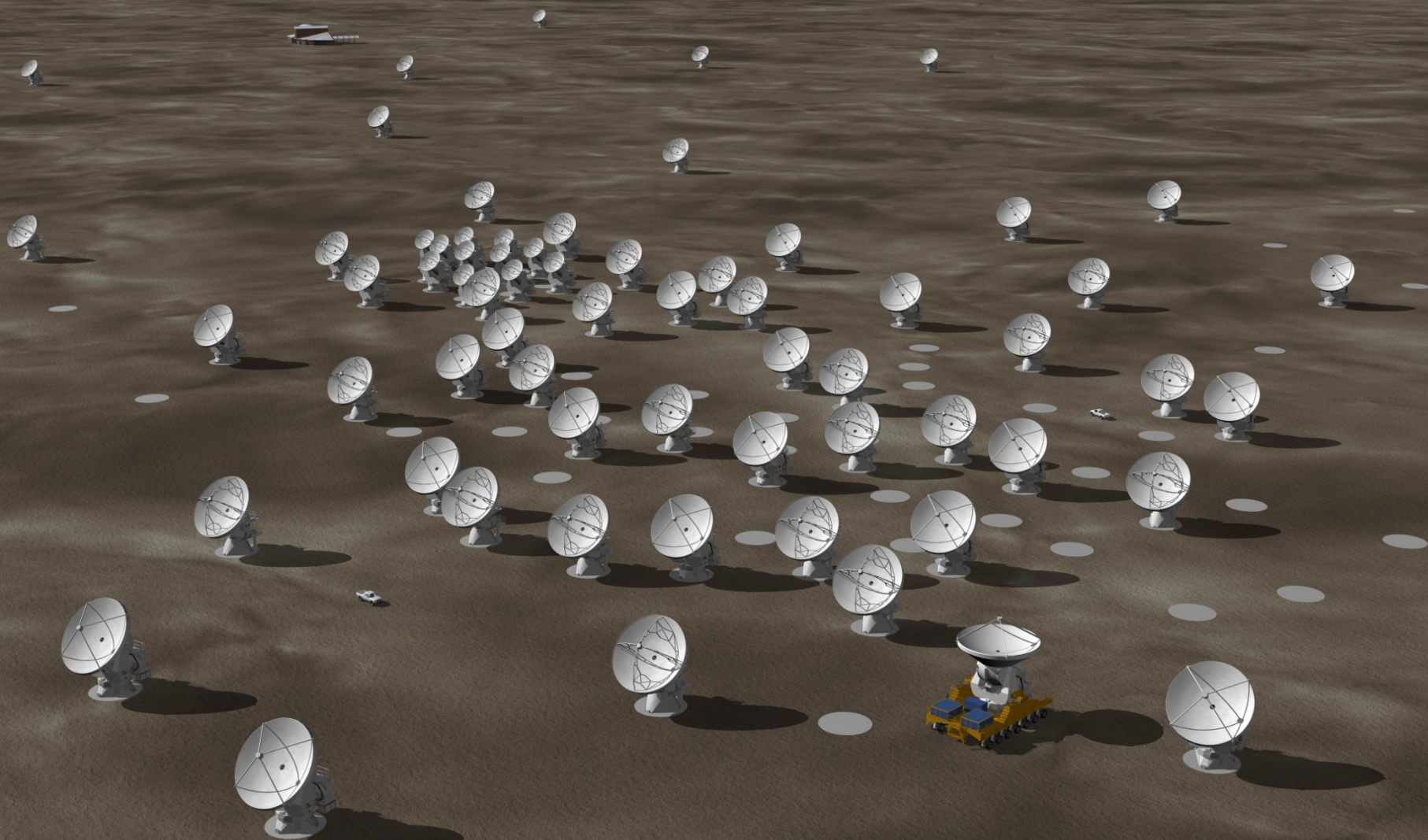


USA

China

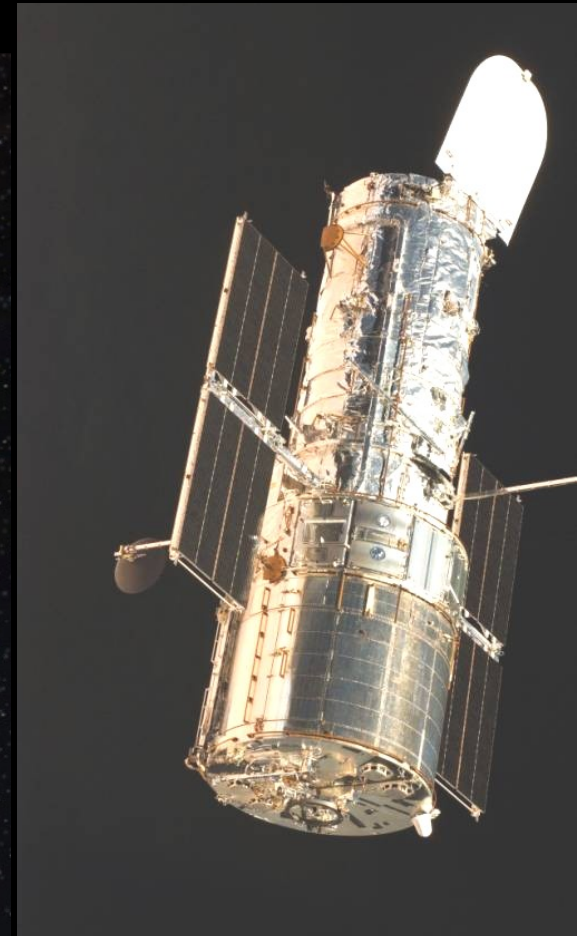
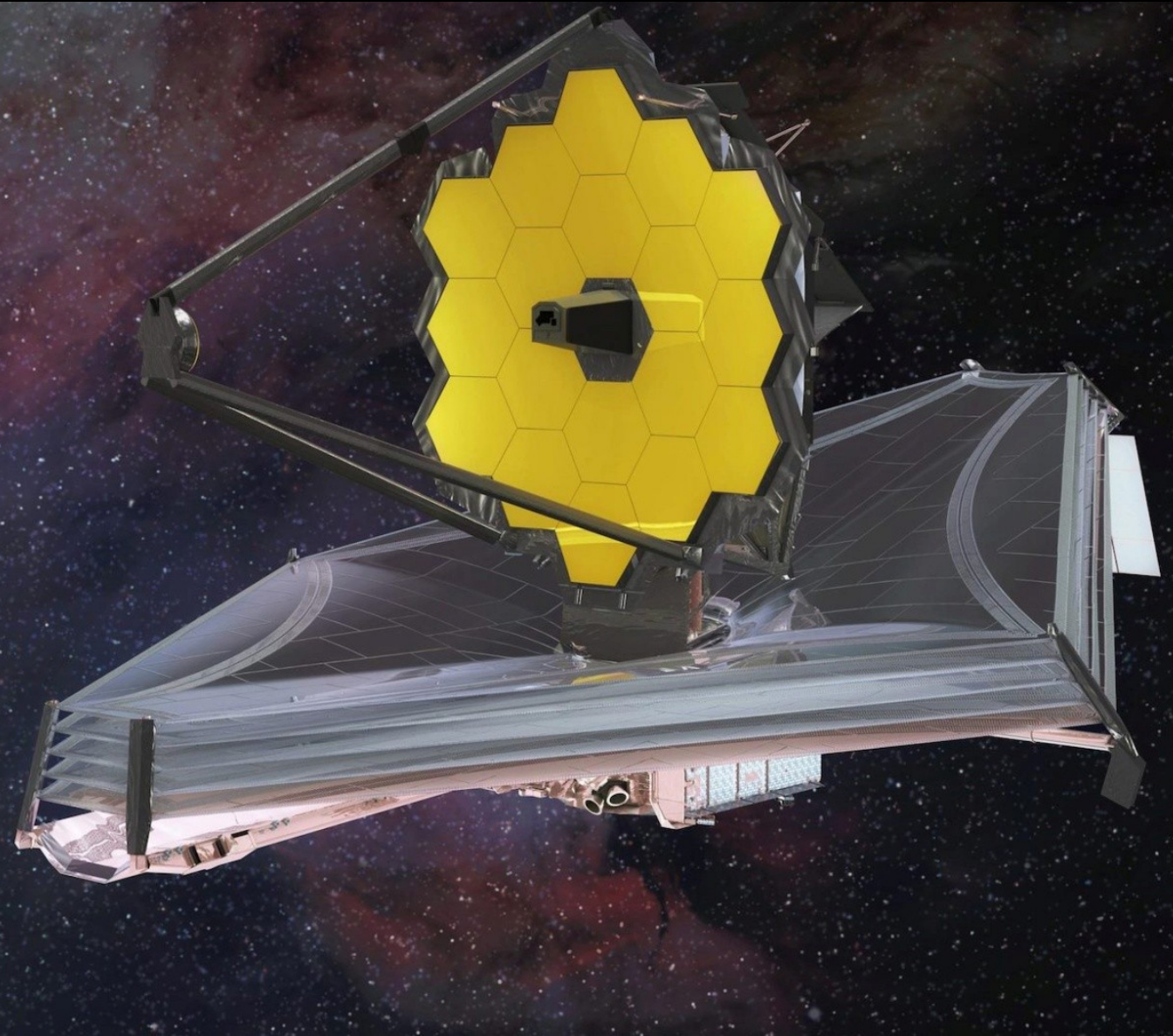
South Africa

Atacama Large Millimetre Array - ALMA
European Southern Observatory ESO Chile



54 x 12m + 12 x 7m anten 31 GHz – 1000 GHz ($\lambda = 3,6\text{mm} - 0,32\text{mm}$)
Bazy od 150m do 16 km, rozdzielczość kątowna $< 1''$ (sub-arcsec)

James Webb's i Edwin Hubble's telescopes



Next generation ST's

np. Nautilus
nowe technologie

Porównanie jakości zdjęć z obydwu teleskopów kosmicznych JBST v HST

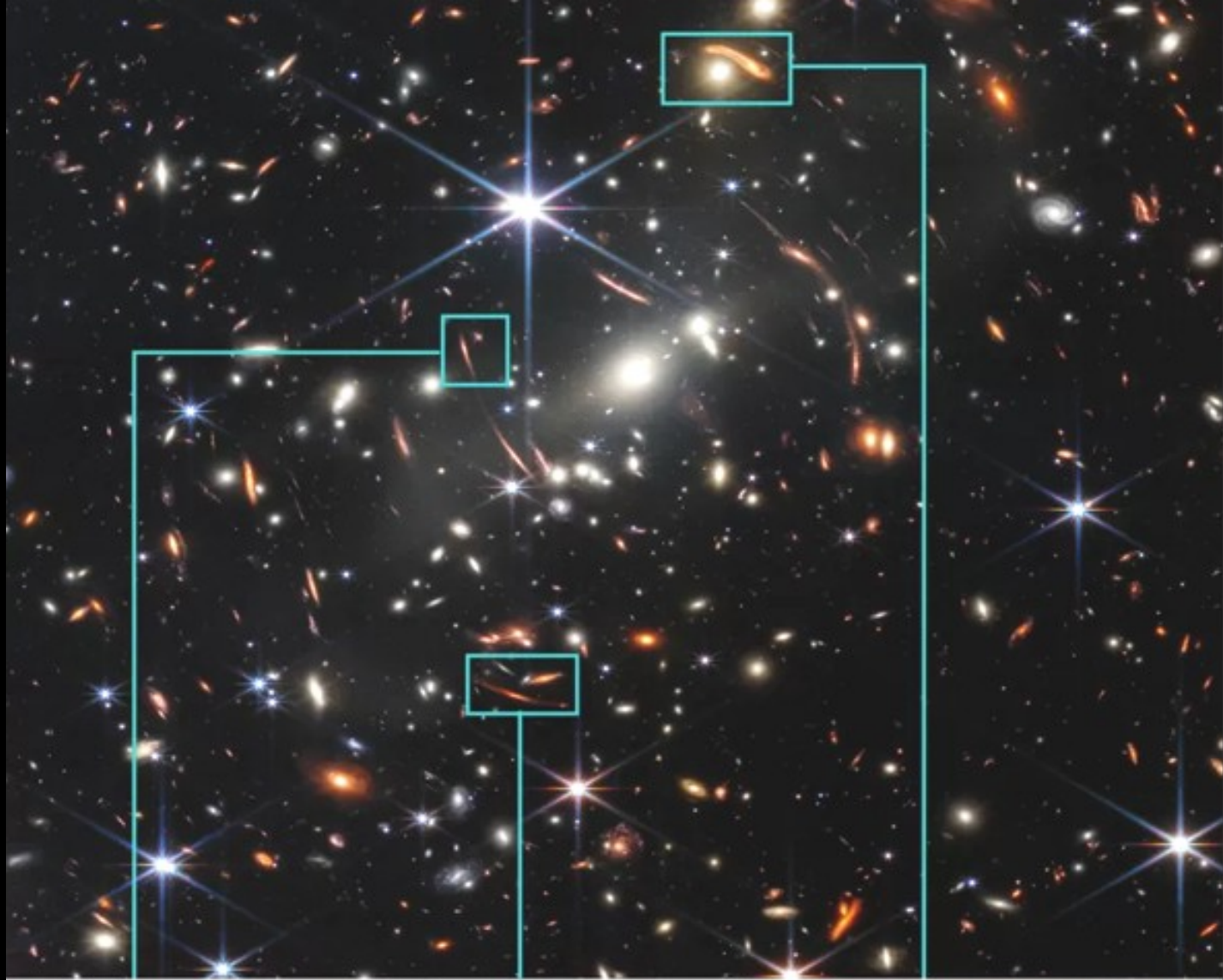
Gromada galaktyk SMACS-0733



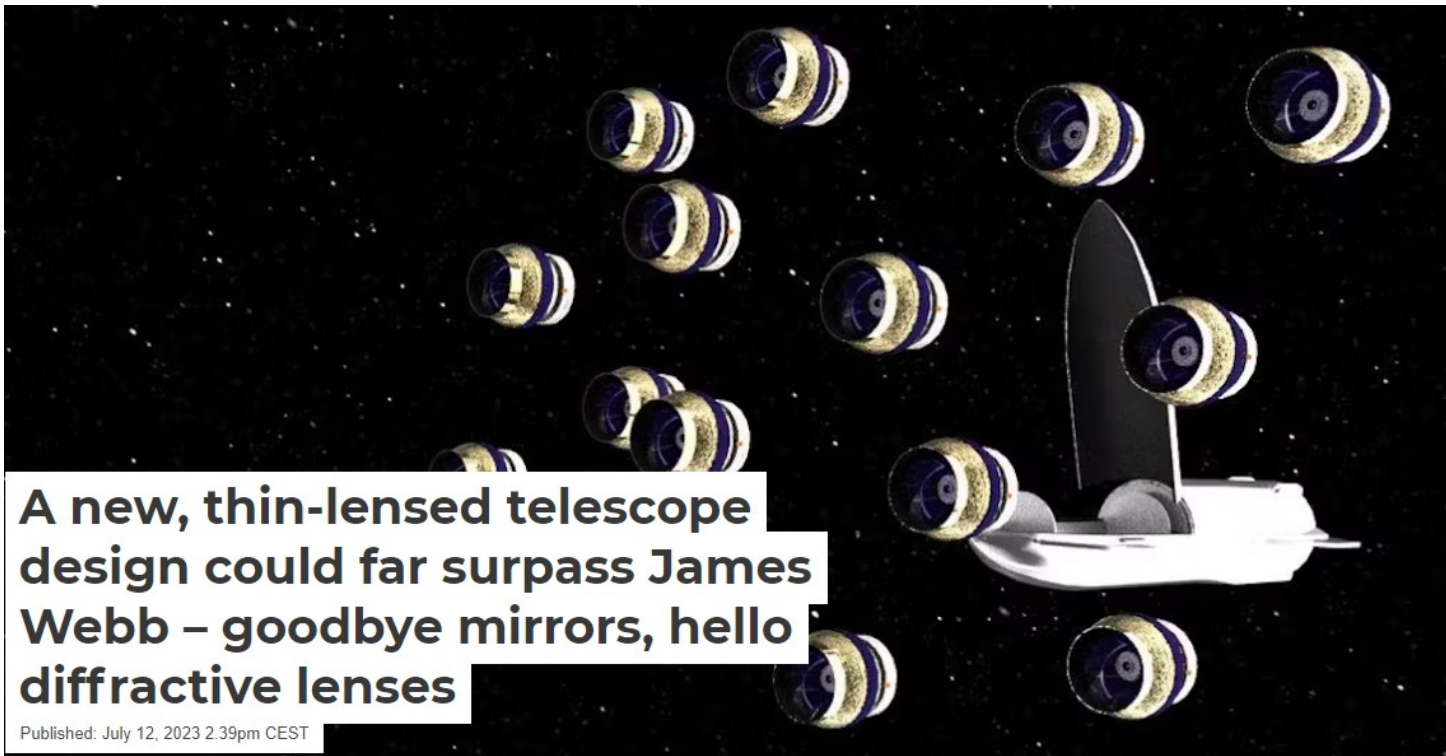
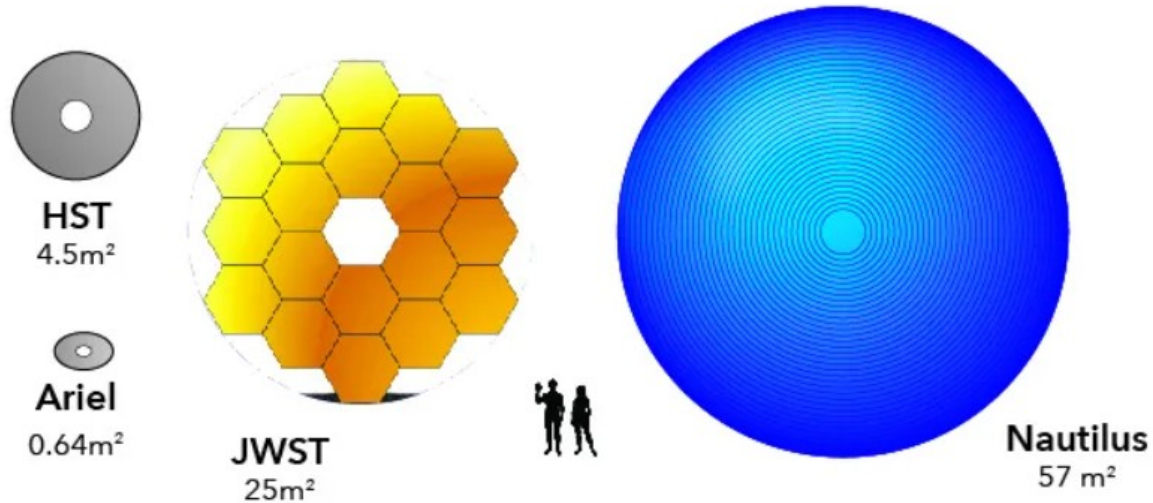
Czas ekspozycji:

1 doba

dwa tygodnie



Teleskopy kosmiczne nowej generacji - Nautilus Array



A new, thin-lensed telescope design could far surpass James Webb – goodbye mirrors, hello diffractive lenses

The Square Kilometre Array (2025)

1500 anten każda o średnicy 15m w części centralnej (5km) plus kolejne 1500 w grupach w odległości 5 km do 3000+ km

Podłączone do superkomputera – ultra szybkiego procesora danych – światłowodami



-Partnerzy: USA, Europa, Australia, Chiny
-Koszt ~1.5 Miliardów Euro !

Square Kilometre Array



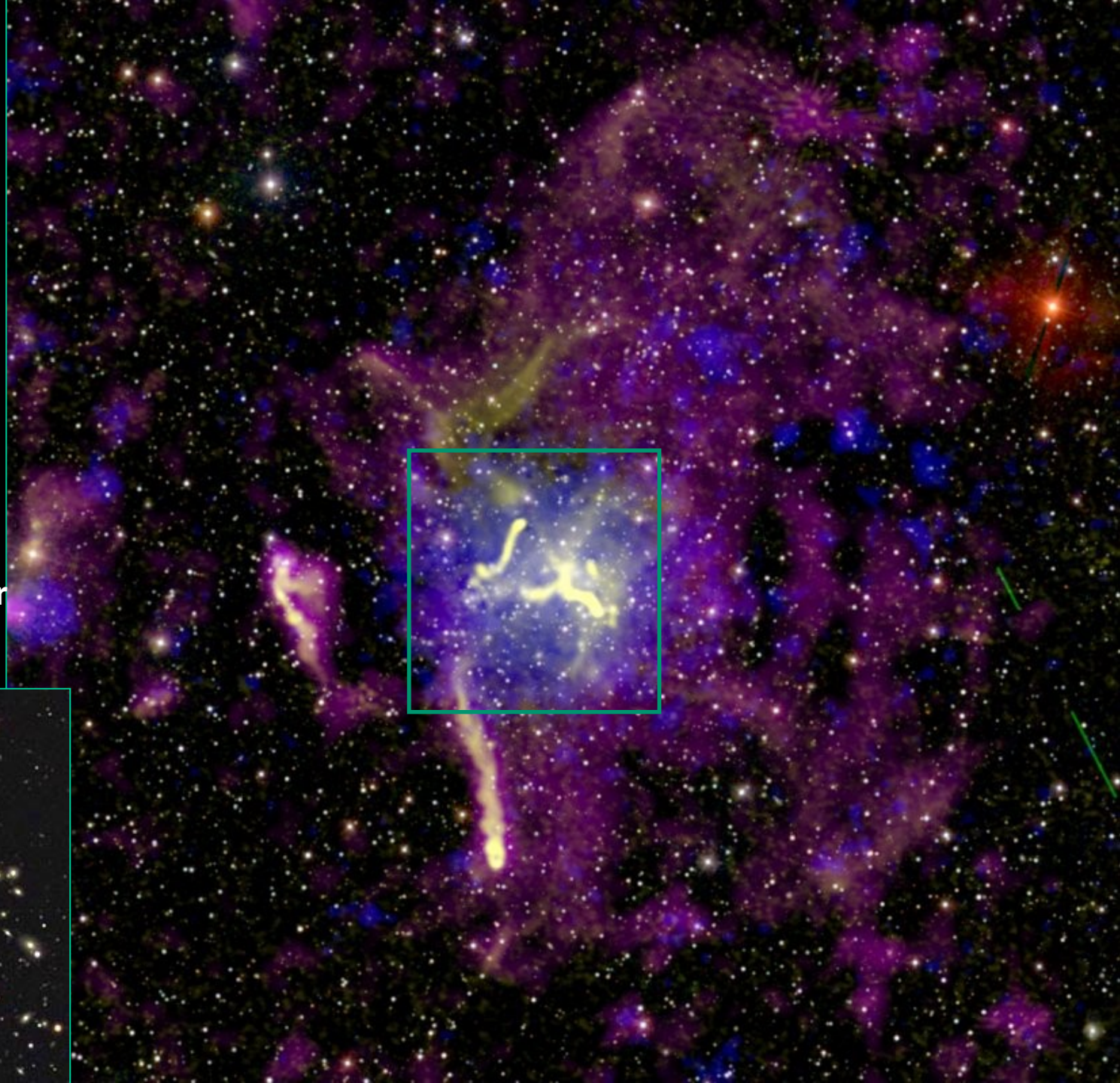
5-10 tys. anten 15m średnicy „core” w Republice Południowej Afryki

SKA LOFAR 30-300 MHz Australia 2025-2030



Abel 2255
LOFAR
145 MHz
1deg x 1deg
z=0.08

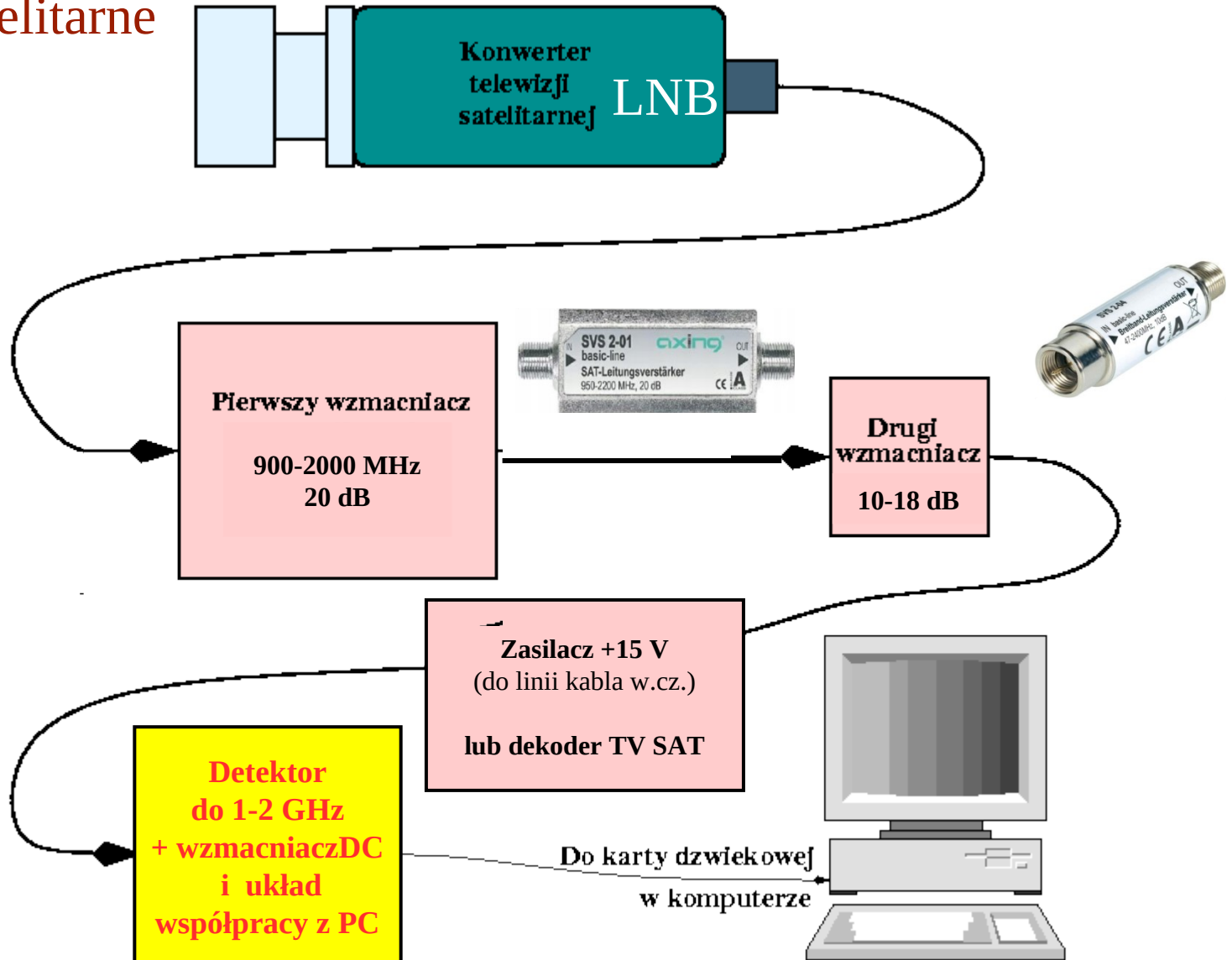
Hyper space weather

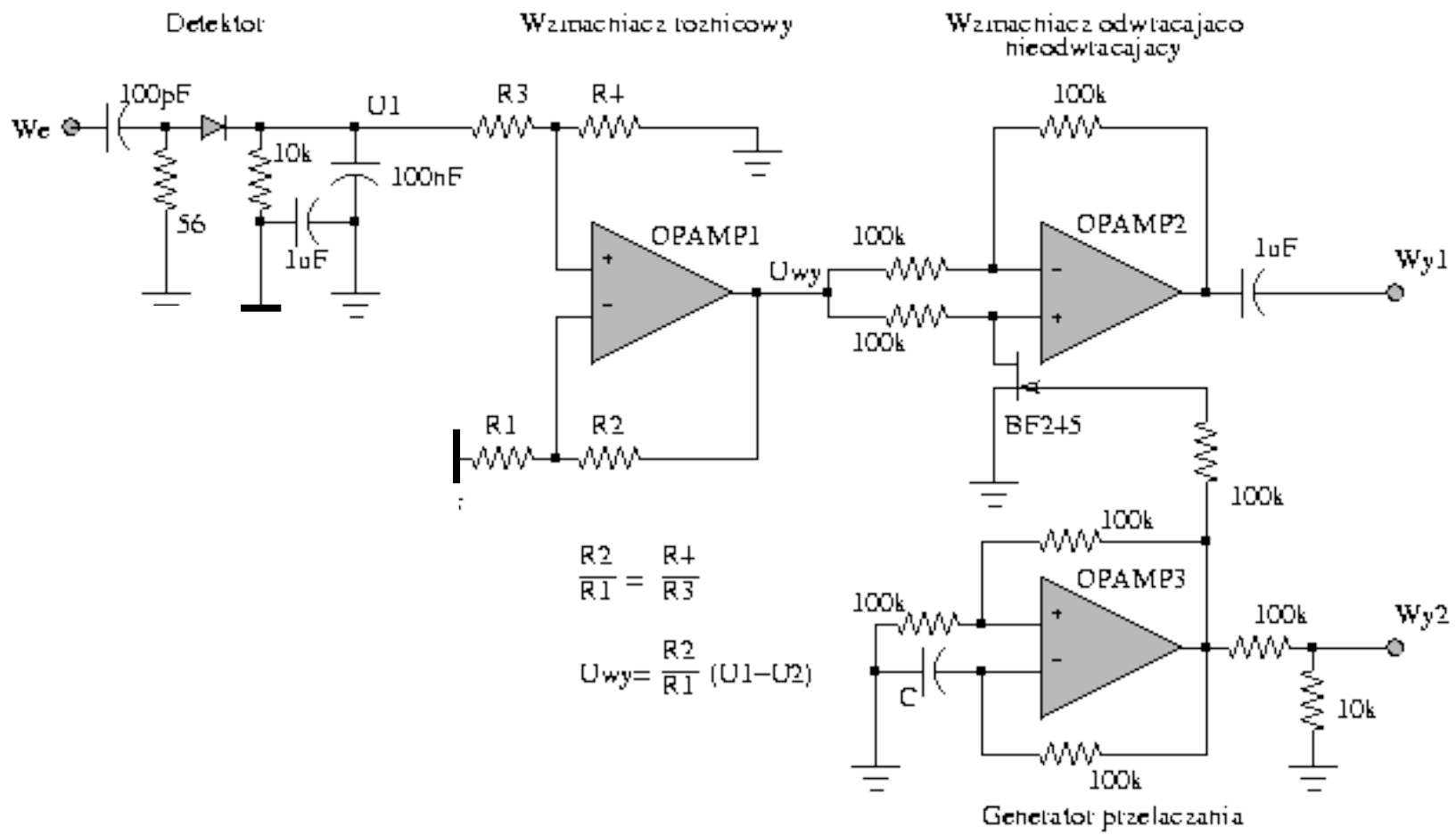


Amatorski radioteleskop słoneczny

Radioteleskop #2 RT SAT 12 GHz

Ten projekt radioteleskopu wykorzystuje gotowe podzespoły do odbioru telewizji satelitarnej

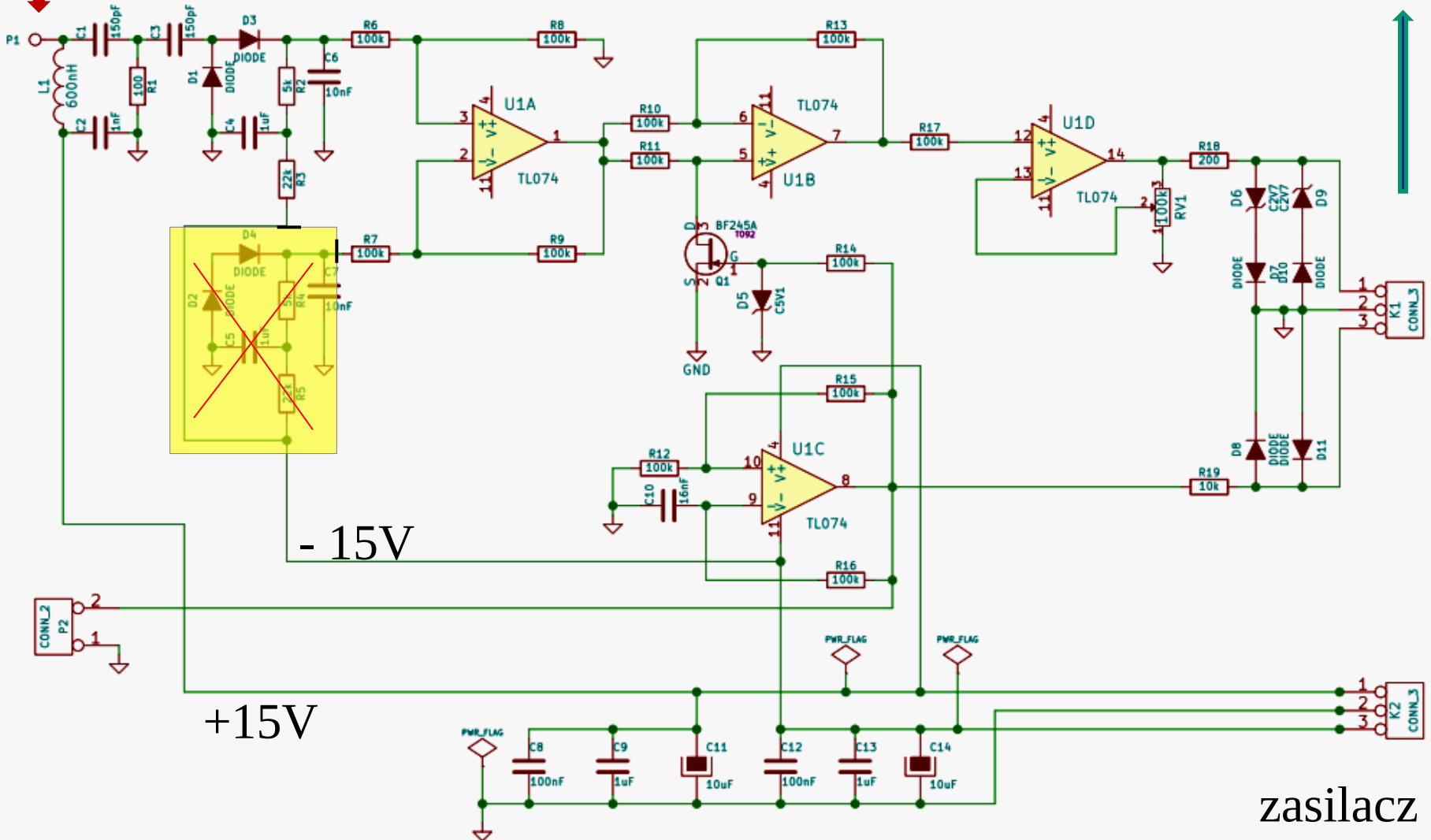




Sygnal z głowicy TV Sat

Diody detekcyjne **Infineon BAT62** (zero bias 2 GHz)

Do komputera

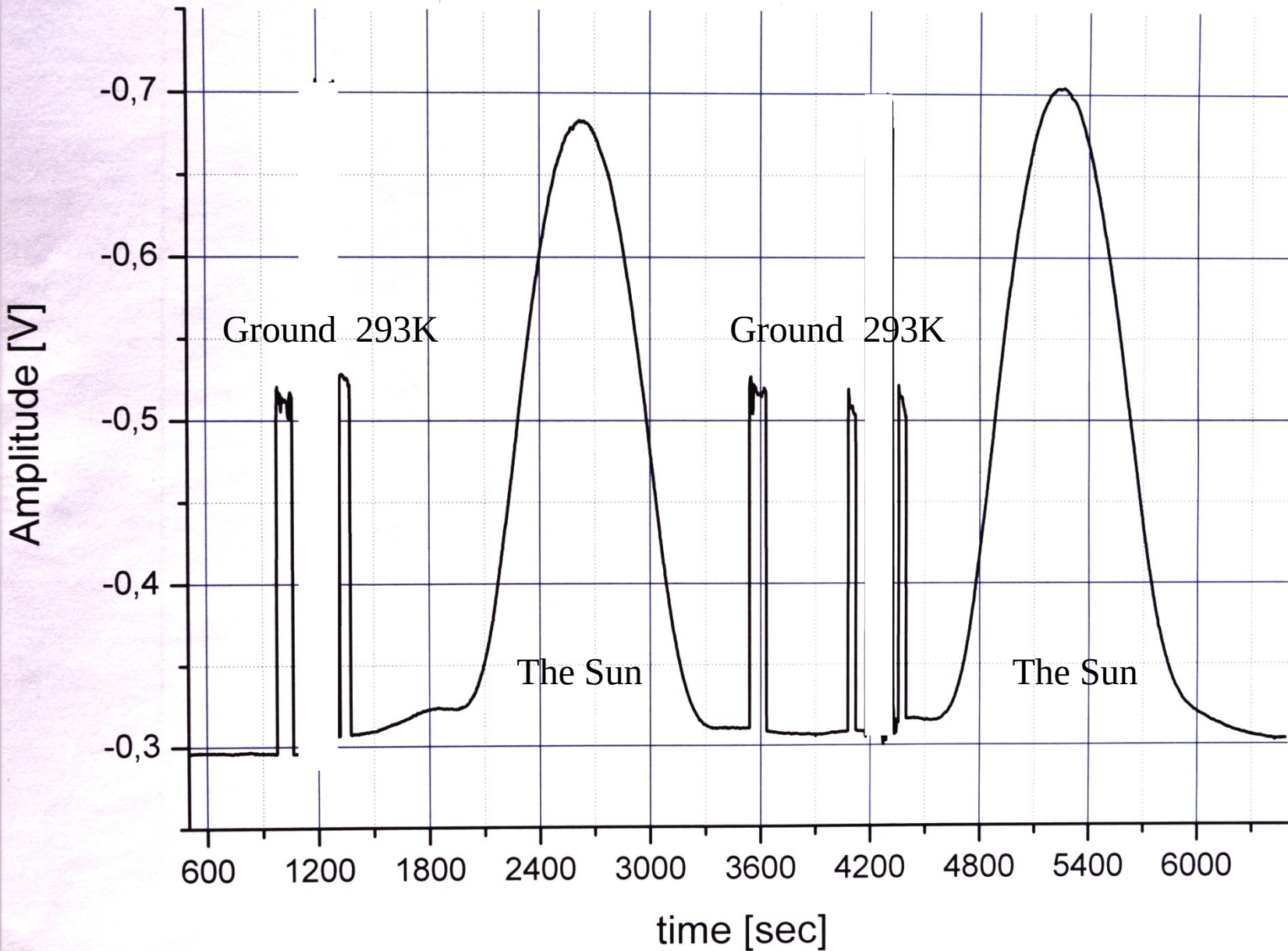


zasilacz

The Sun transit,
25 March 2015 ~ local noon

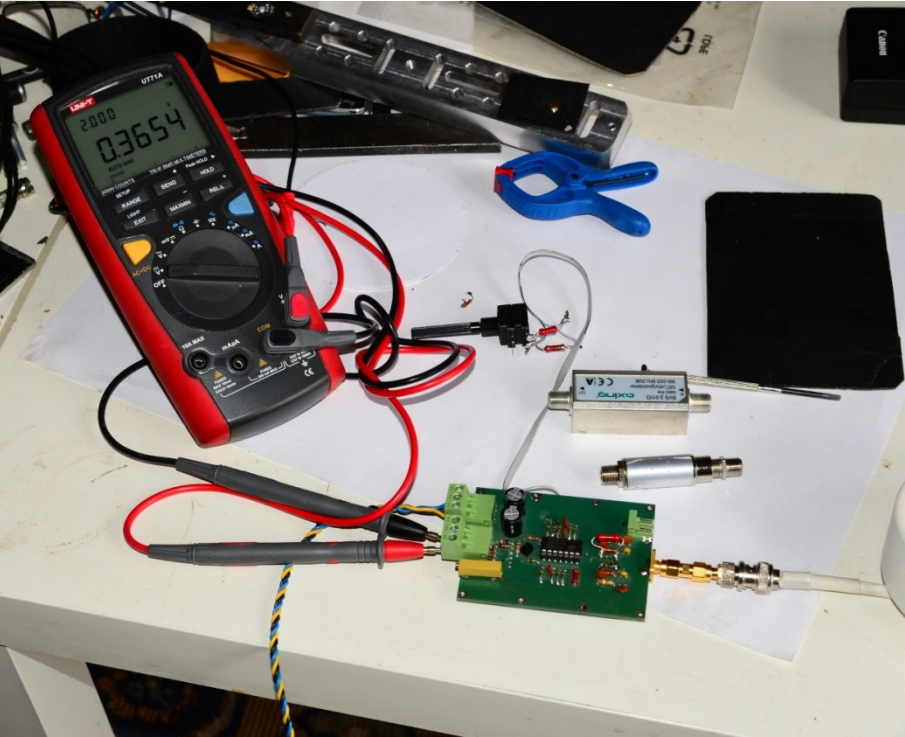
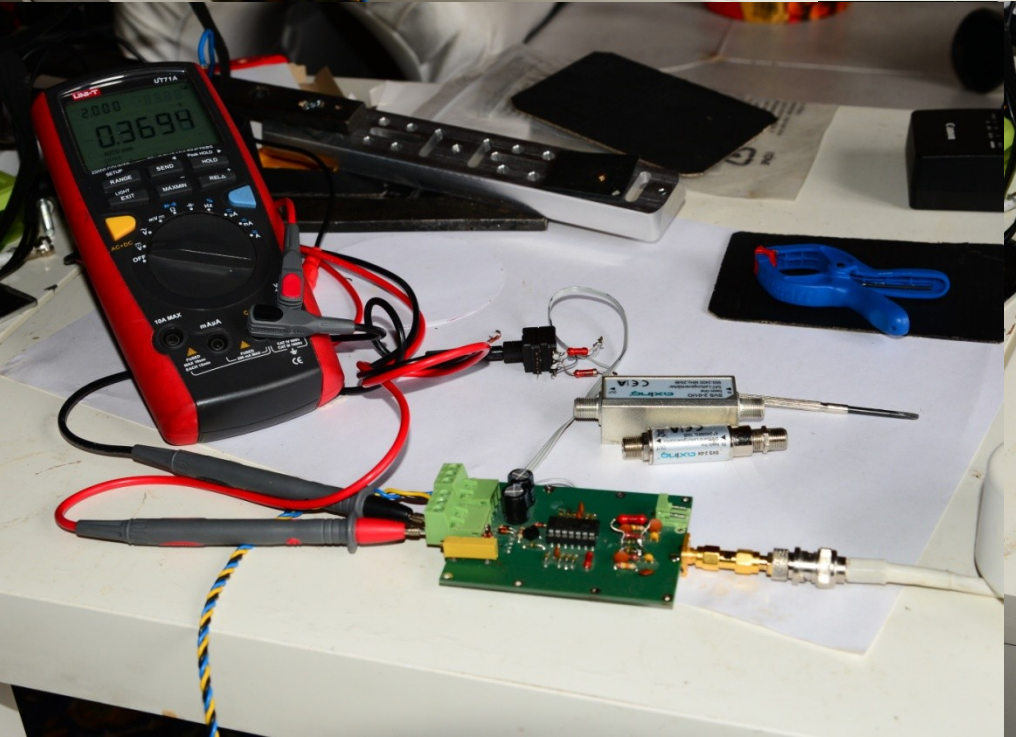
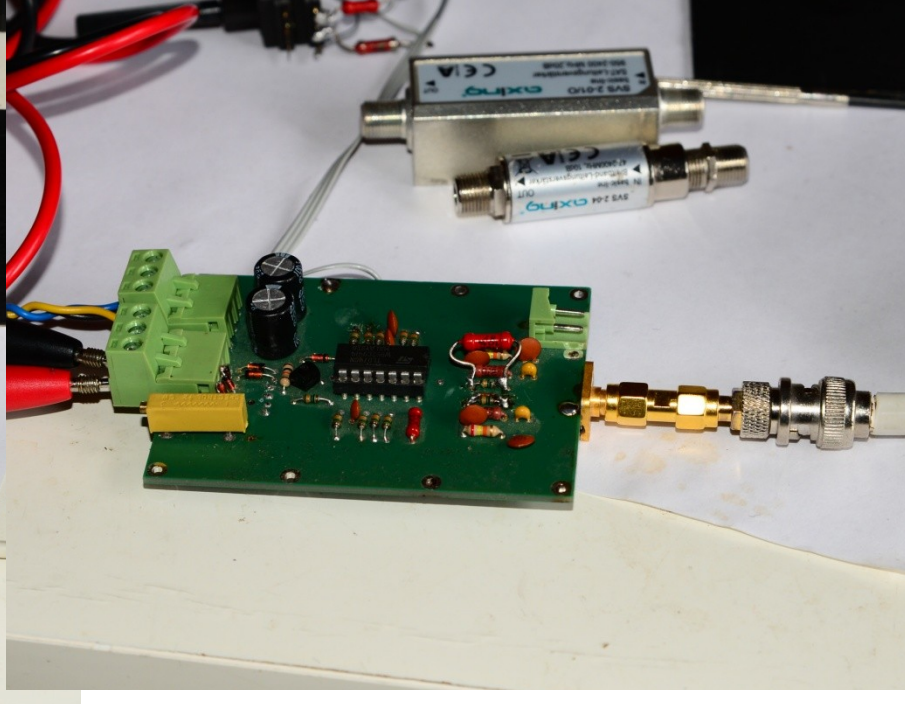
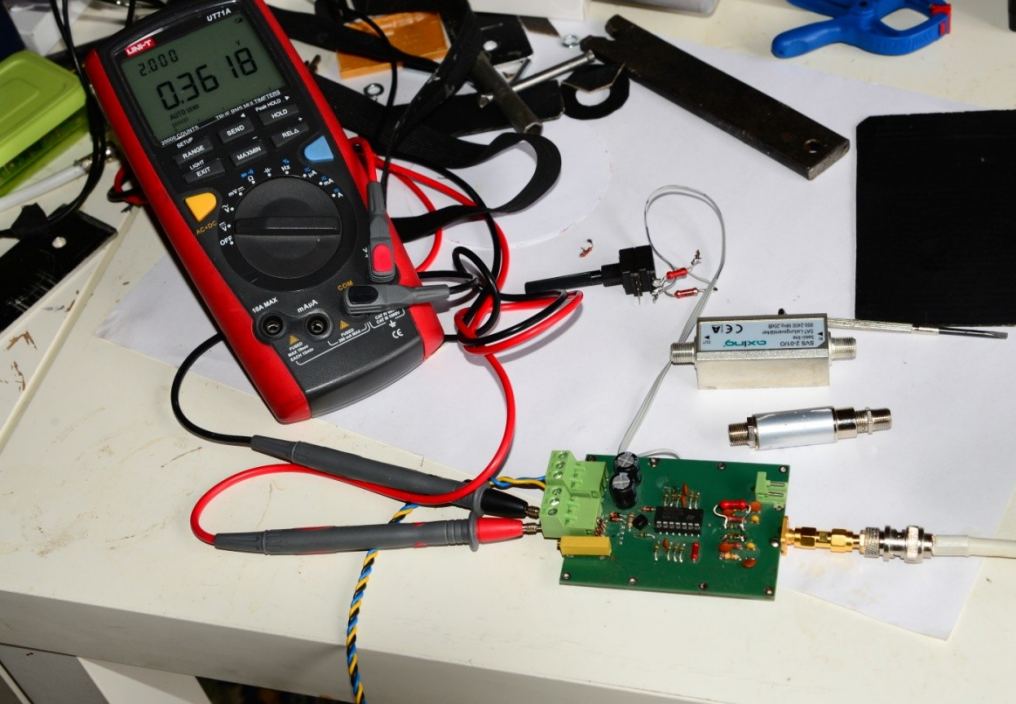
12GHz

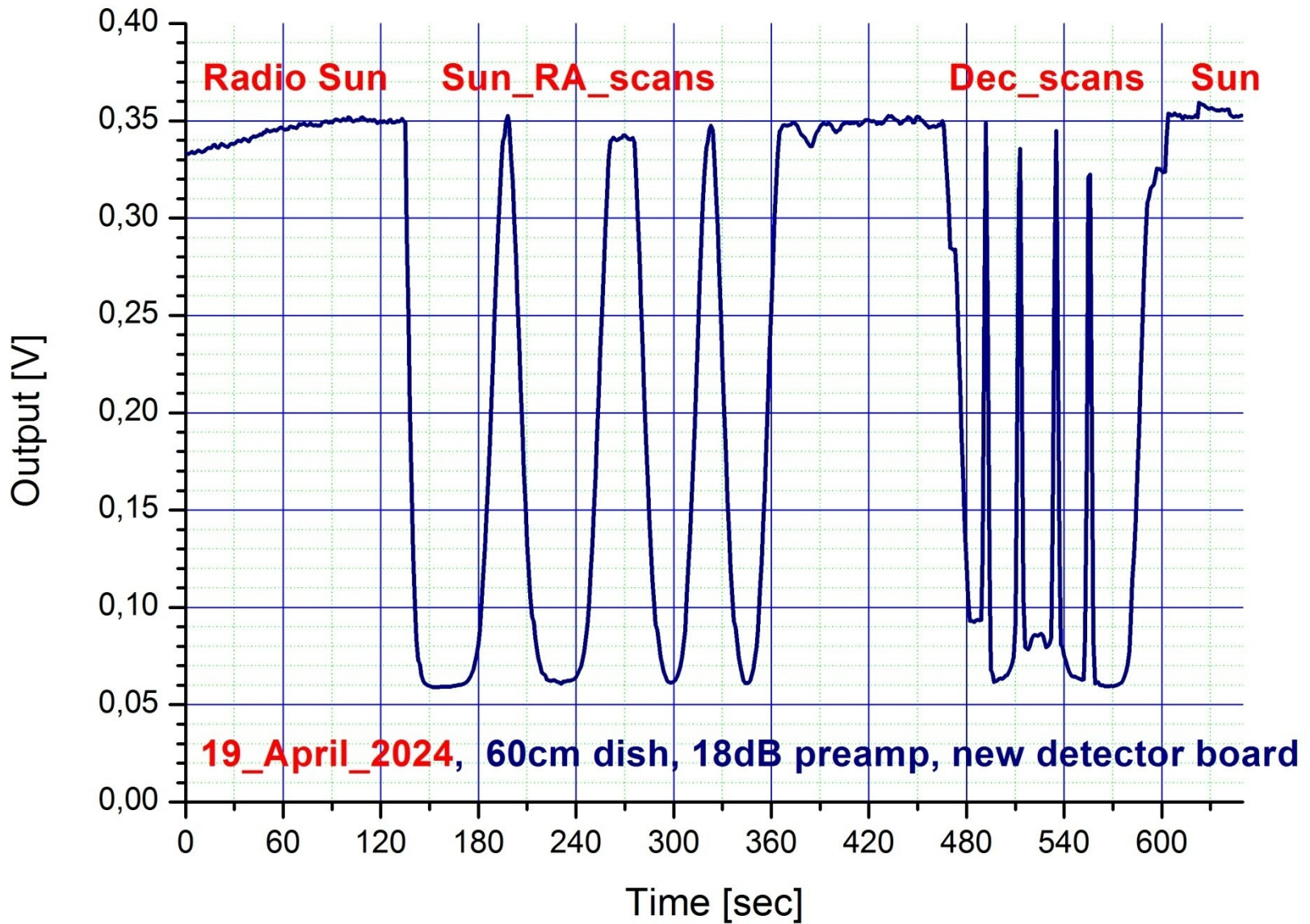
— detector output

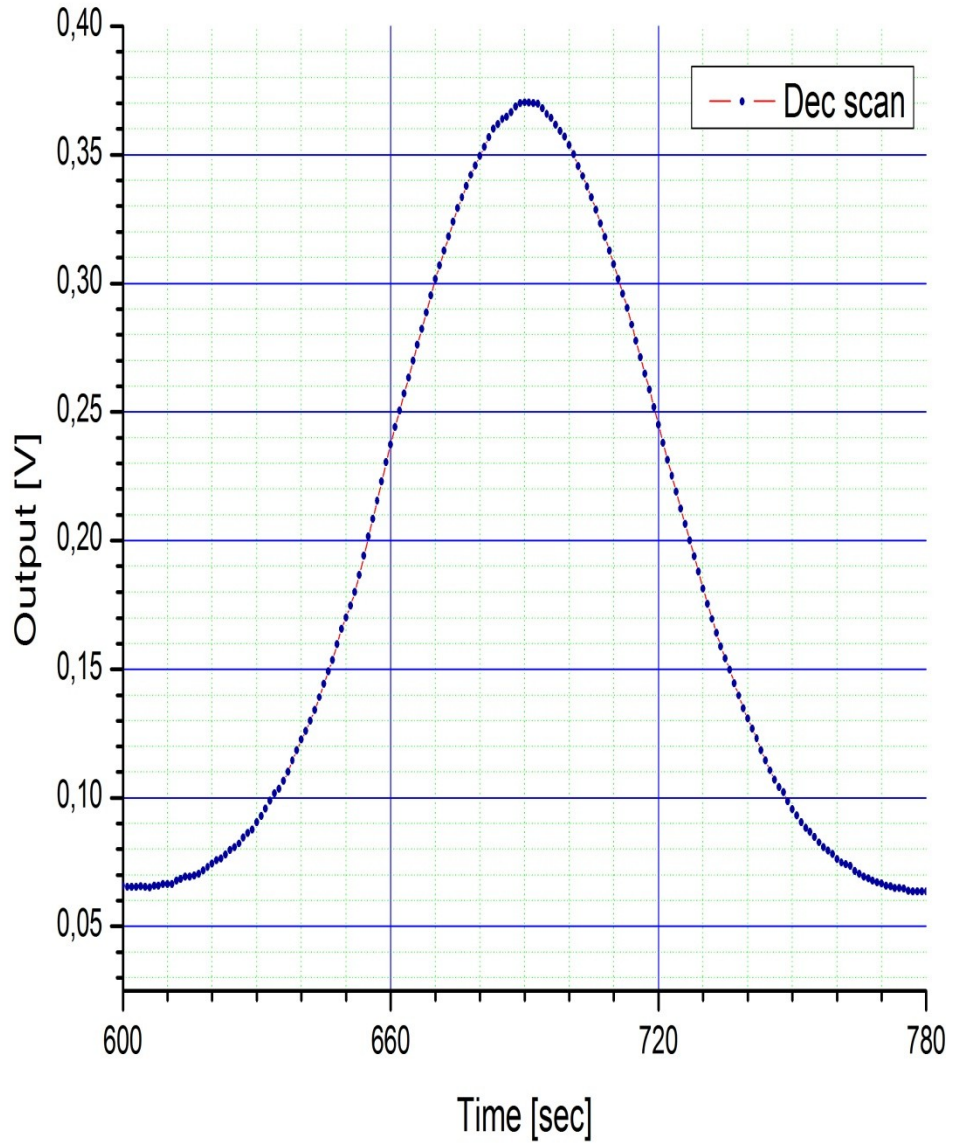
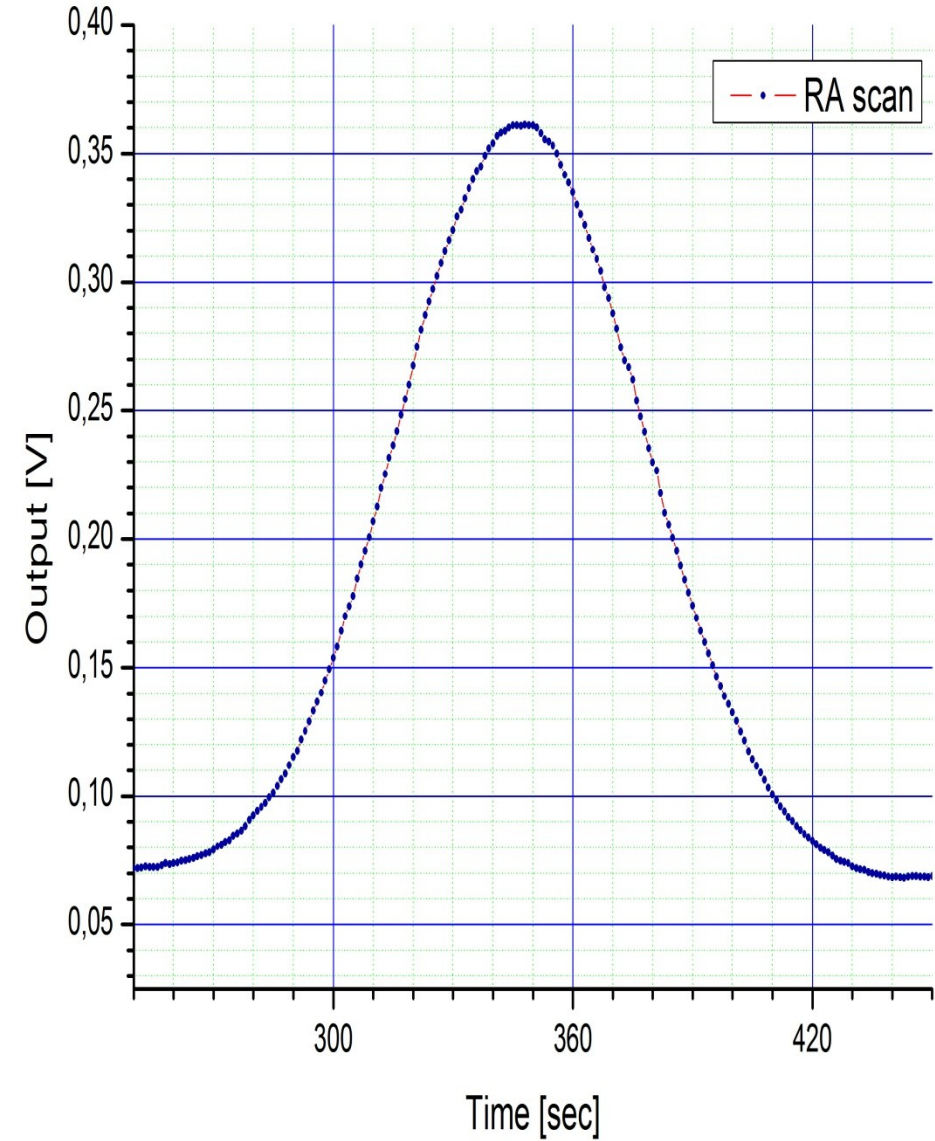


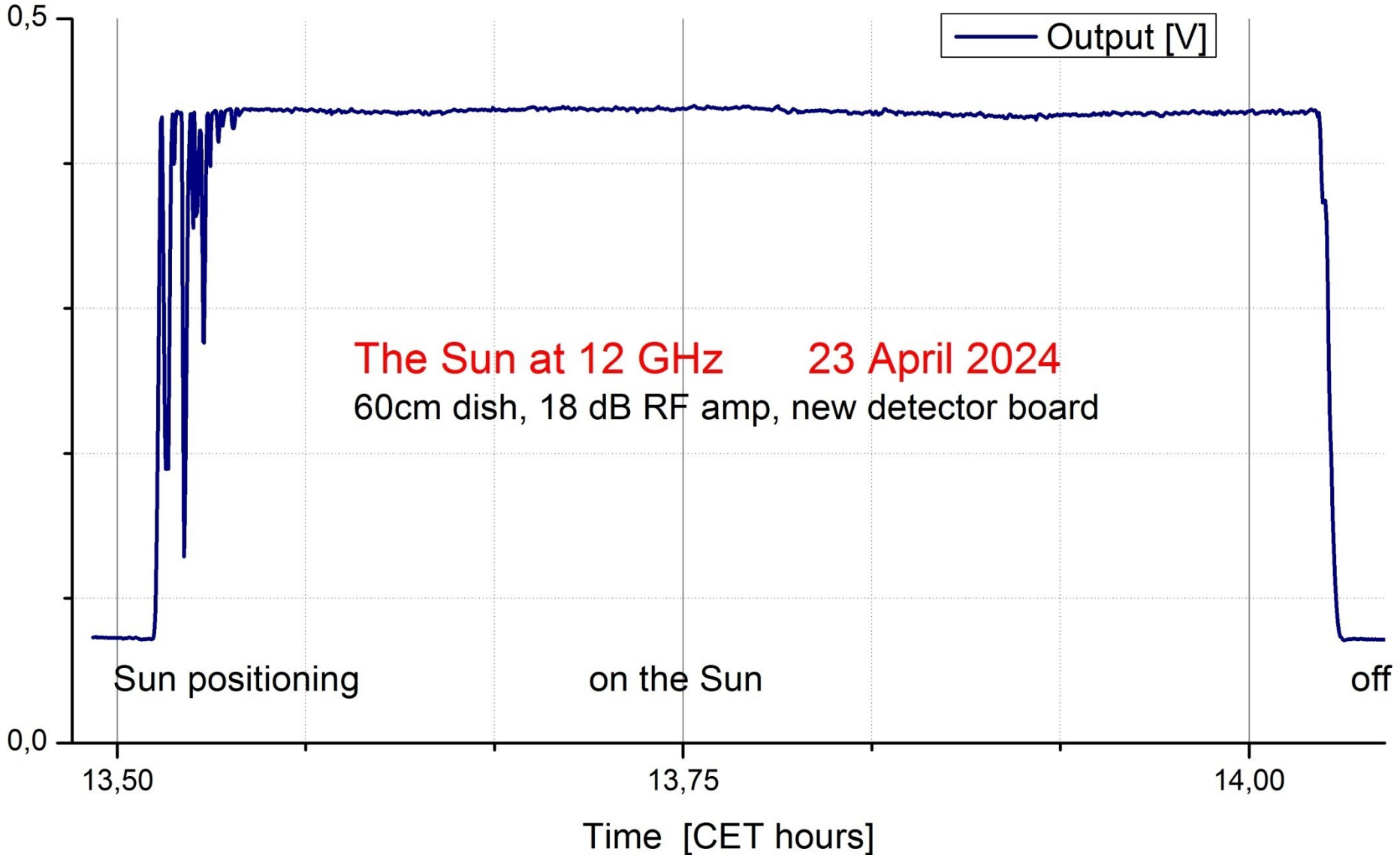










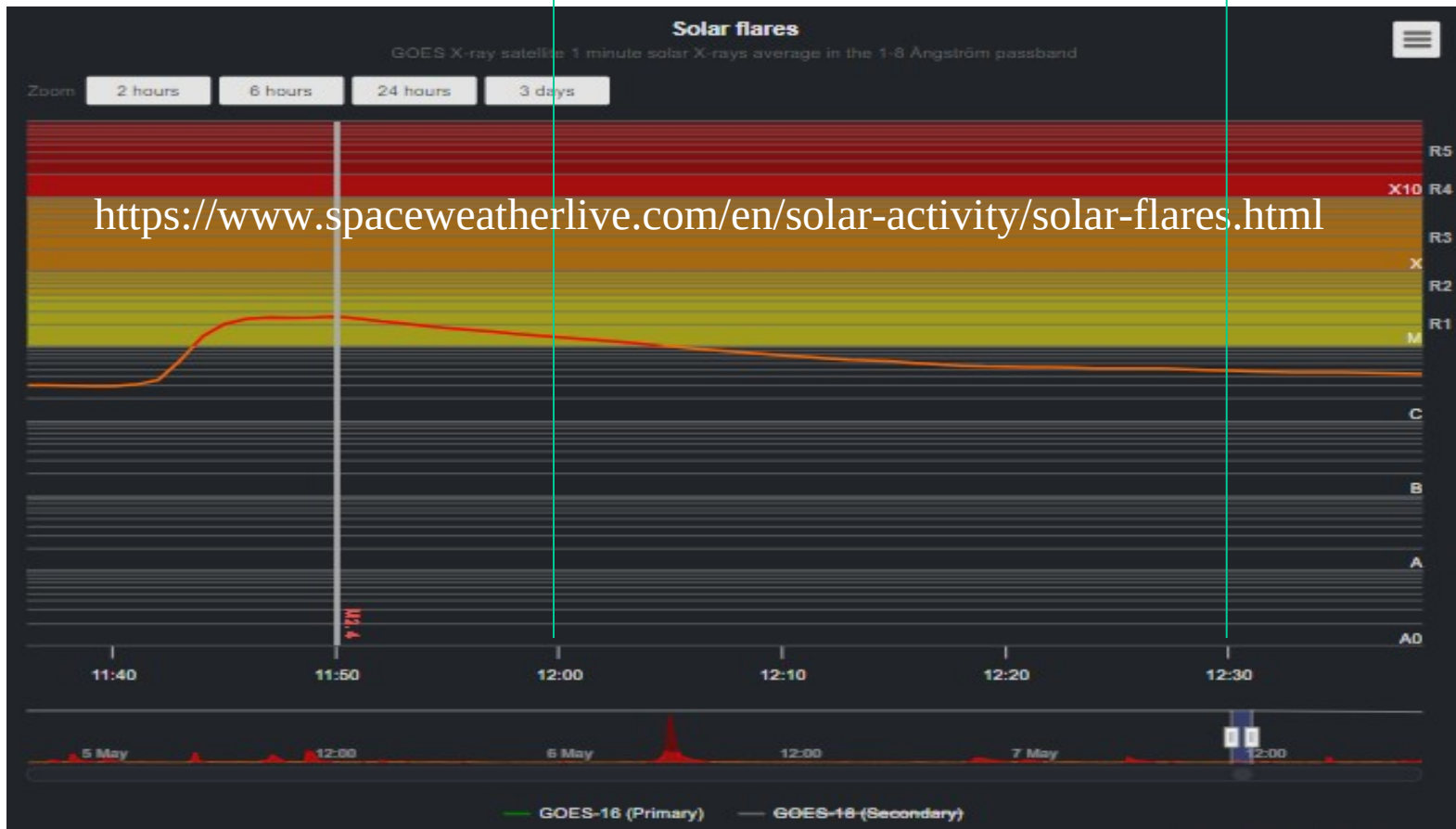
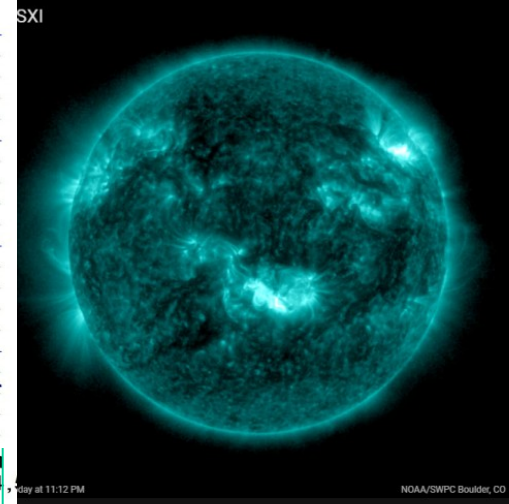
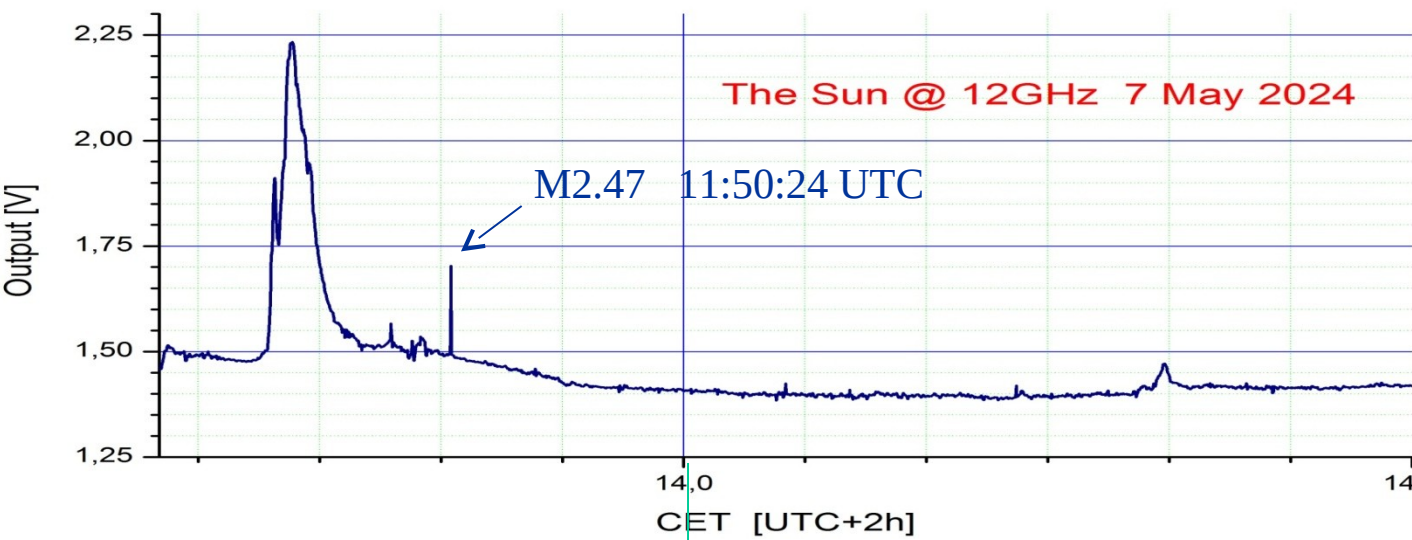


The Sun at 12 GHz **23 April 2024**
60cm dish, 18 dB RF amp, new detector board

Sun positioning

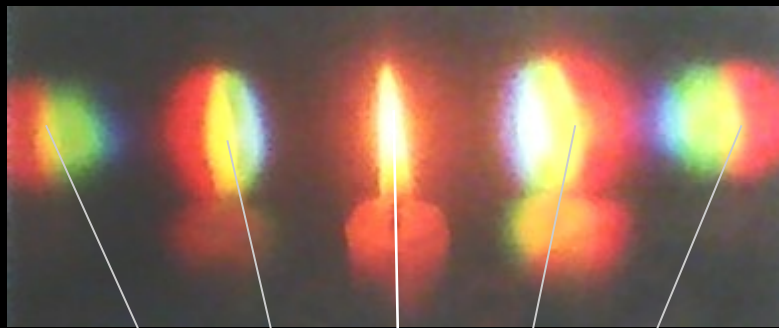
on the Sun

off



Amatorska spektroskopia

n=2 n=1 n=0 n=1 n=2

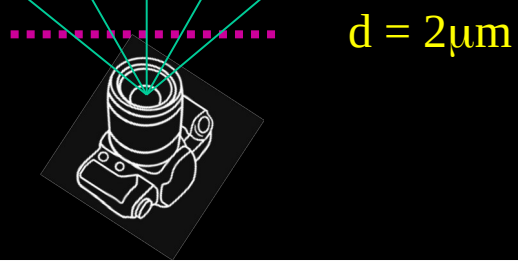


~ względne natężenie światła

0,1 0,4 1,0 0,4 0,1

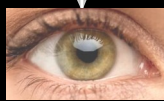


2α 1α 1α



$d = 2\mu m$

Siatka dyfrakcyjna



500 linii/mm

$d = 2,0 \mu m$

kąt ugięcia

$\alpha = \sim 16^\circ$

$\sin(\alpha) = \lambda/d$

SIATKA DYFRAKCYJNA 500 LINII NA MM

$d = 2\mu m$

18 groszy za cm^2 !!!

Dostępność: duża ilość
 Wysyłka w: 24 godziny
 Dostawa: od 7,00 zł - Lis
 ekonomiczny (Polska) ?

Rekomendowana dla amatorskiej astro-spektroskopii

Cena: 79,50 zł



* Rozmiar: Art. Nr 458 M

1 szt.

do koszyka

* - Pole wymagane

folia o grubości 0,05mm

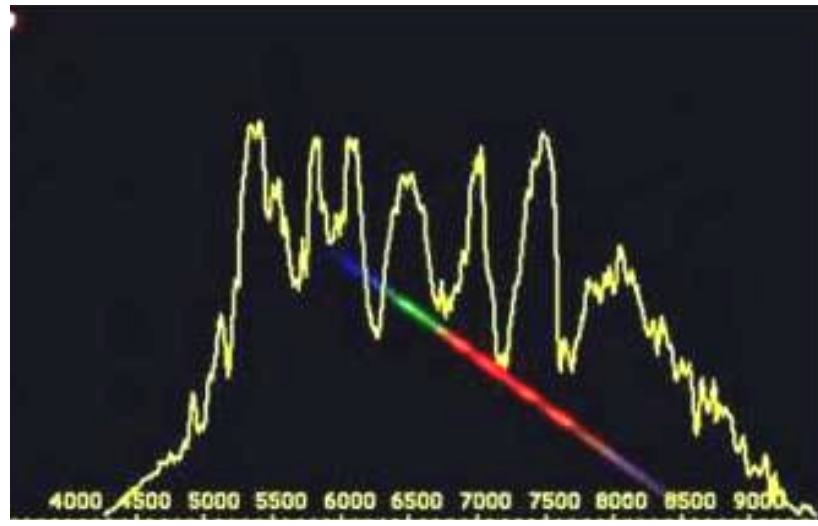
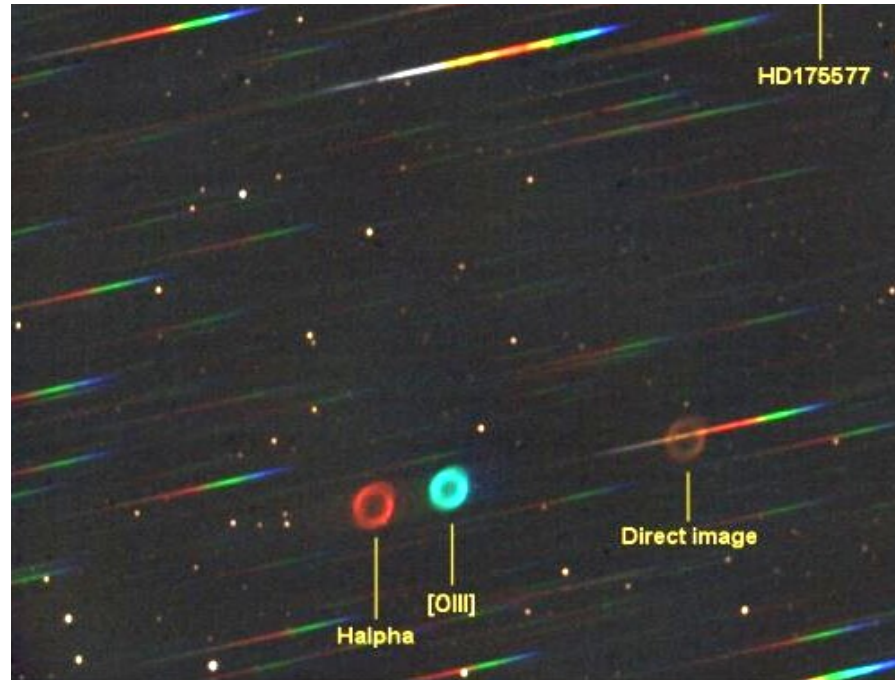


Siatki dyfrakcyjne 100 linii/mm i 200 linii/mm

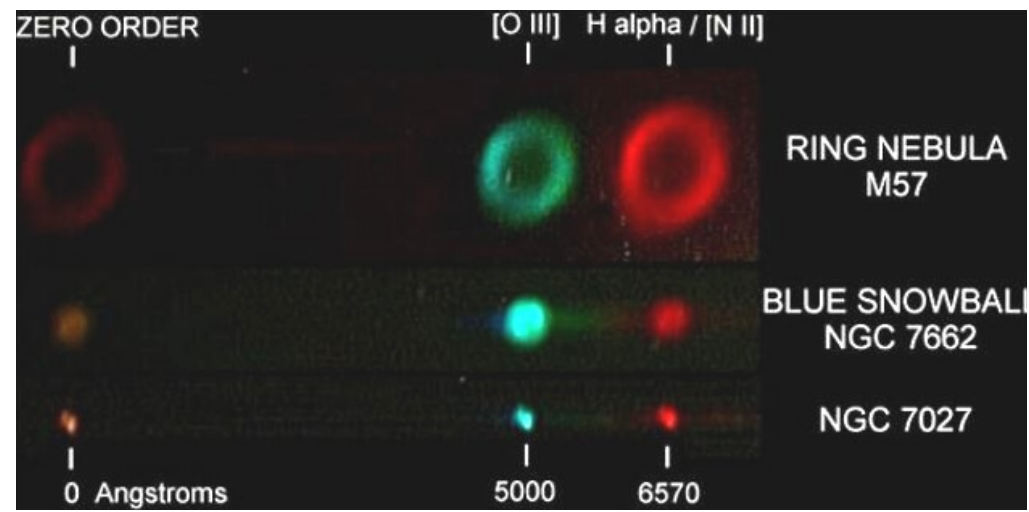
Star Analyser
d = 10 μm 5 μm



120 zł za cm²



Spektroskop / Star Analyser 100
 Teleskopy.pl



Shelyak 820 / 930 PLN

Siatka wykonana na szkłe, posiada warstwę ochronną odporną na zabrudzenia,
Profilowane kształty prążków dają jednostronne wzmocnienie (ponad 2x)
intensywności widma dla pierwszego rzędu ugięcia ($n=1$), i osłabienie jasności obiektu
(rzęd $n=0$). Bardzo poprawia czułość, efekt znaczący. Profesjonalne wykonanie.



https://teleskopy.pl/product_info.php?products_id=8947&lunety=Shelyak%20Star%20Analyser%20200

https://teleskopy.pl/product_info.php?products_id=4896&lunety=Shelyak%20Star%20Analyser%20100

929,- zł.

i

819,- zł.

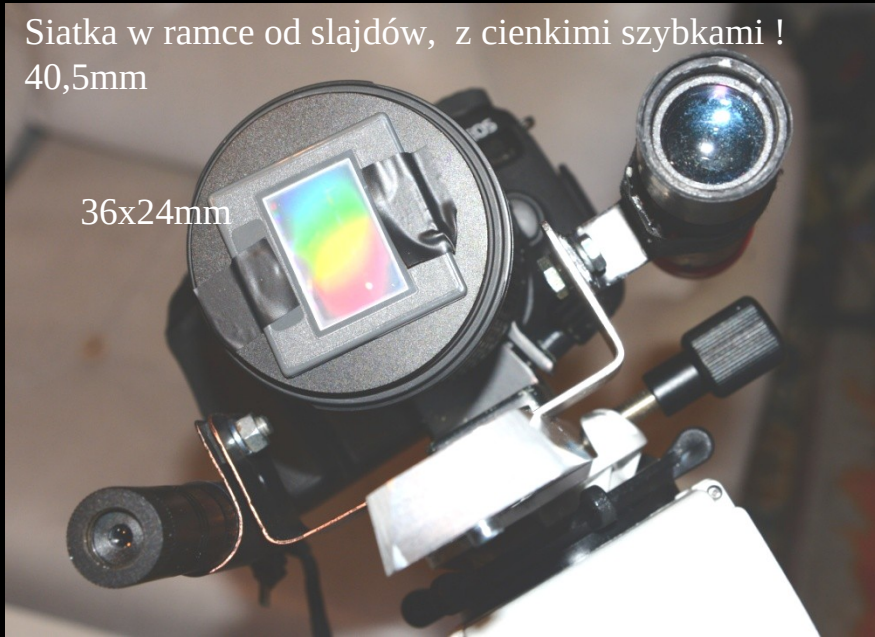
Canon ef 200mm f/2.8L + Canon eos 6d mk2

Siatka dyfrakcyjna $d = 2 \mu\text{m}$, przed obiektywem. Offset widma w DEC +/-16 deg.

2a

Siatka w ramce od slajdów, z cienkimi szybkami !
40,5mm

36x24mm



siatka w filtrze 2 x UV



Siatka pomiędzy 2. filtrami UV 72mm

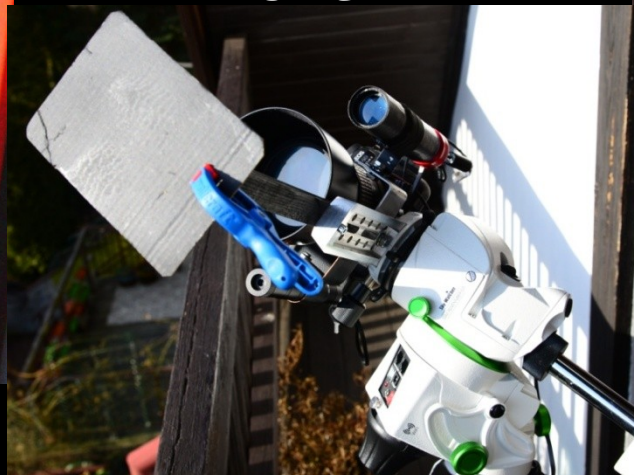


wykorzystana jest pełna apertura f/2.8





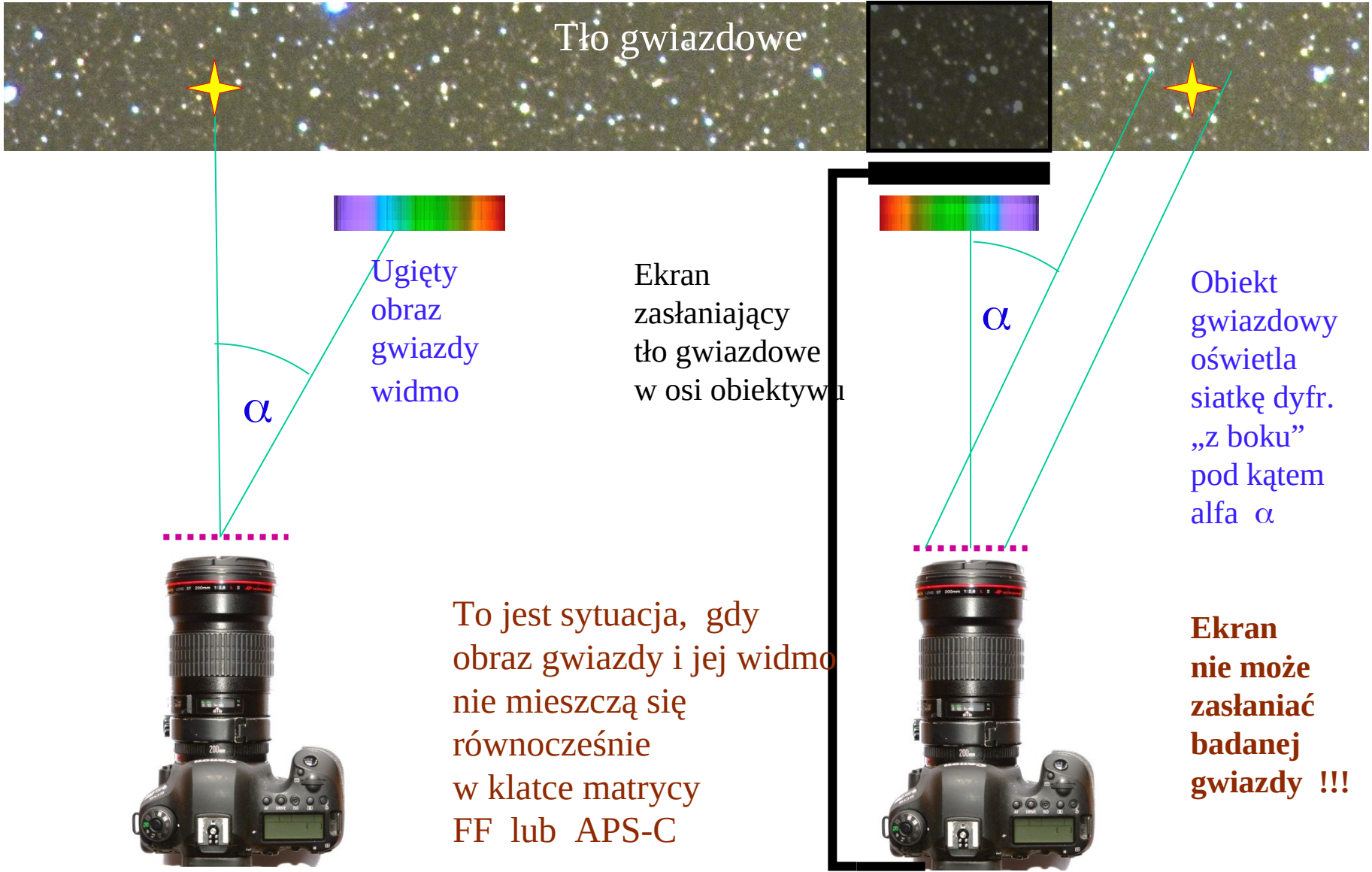
Canon ef 200/2.8L @f2.8
SA GTi



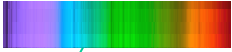
$\alpha = \sim 16 \text{ deg.}$ $d = 2 \mu\text{m}$ $\lambda = d_x \text{ Sin}(\alpha)$



Grafika pokazująca bieg światła, obraz wirtualny widma, oraz położenie ekranu



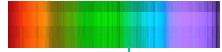
Tło gwiazdowe



Ugięty obraz gwiazdy widmo

α

Ekran zasłaniający tło gwiazdowe w osi obiektywu



α

Obiekt gwiazdowy oświetla siatkę dyfr. „z boku” pod kątem alfa α

To jest sytuacja, gdy obraz gwiazdy i jej widmo nie mieszczą się równocześnie w klatce matrycy FF lub APS-C

Ekran nie może zasłaniać badanej gwiazdy !!!

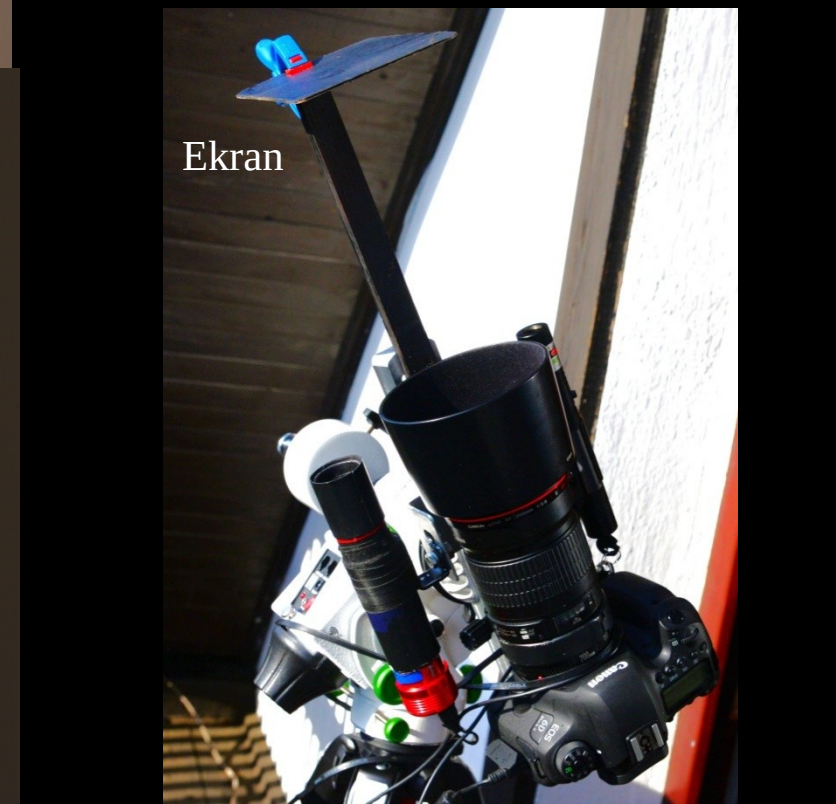
ISO=640 Exp=60s f/2.8 bez ekranu



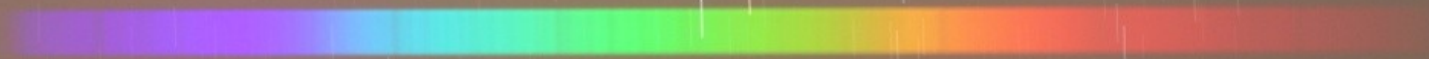
Jowisz



ISO=640 Exp=60s f/2.8 z ekranem



Canon 6d2 ef 200/2.8L ISO=640 Exp=60s f/2.8 **bez ekranu**



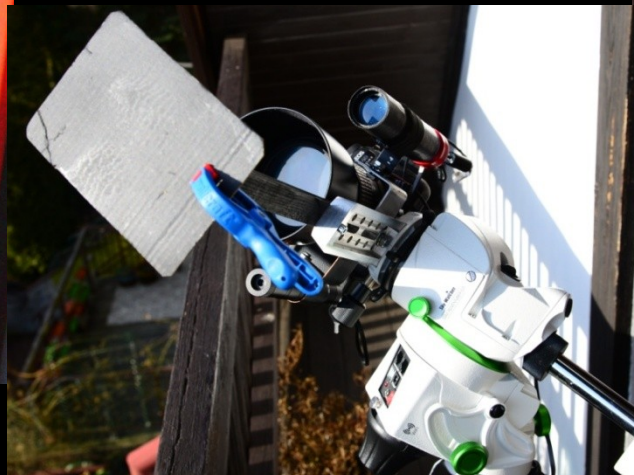
d = 2 μm



Canon 6d2 ef 200/2.8L ISO=640 Exp=60s f/2.8 **z ekranem**



Canon ef 200/2.8L @f2.8
SA GTi



$\alpha = \sim 16 \text{ deg.}$ $d = 2 \mu\text{m}$ $\lambda = d_x \text{ Sin}(\alpha)$



Canon 6d2 FF + Canon ef 200 mm f/2.8L @f2.8, $d = 2 \mu\text{m}$

Jowisz /
Słońce

Aldebaran

Betelgeuse

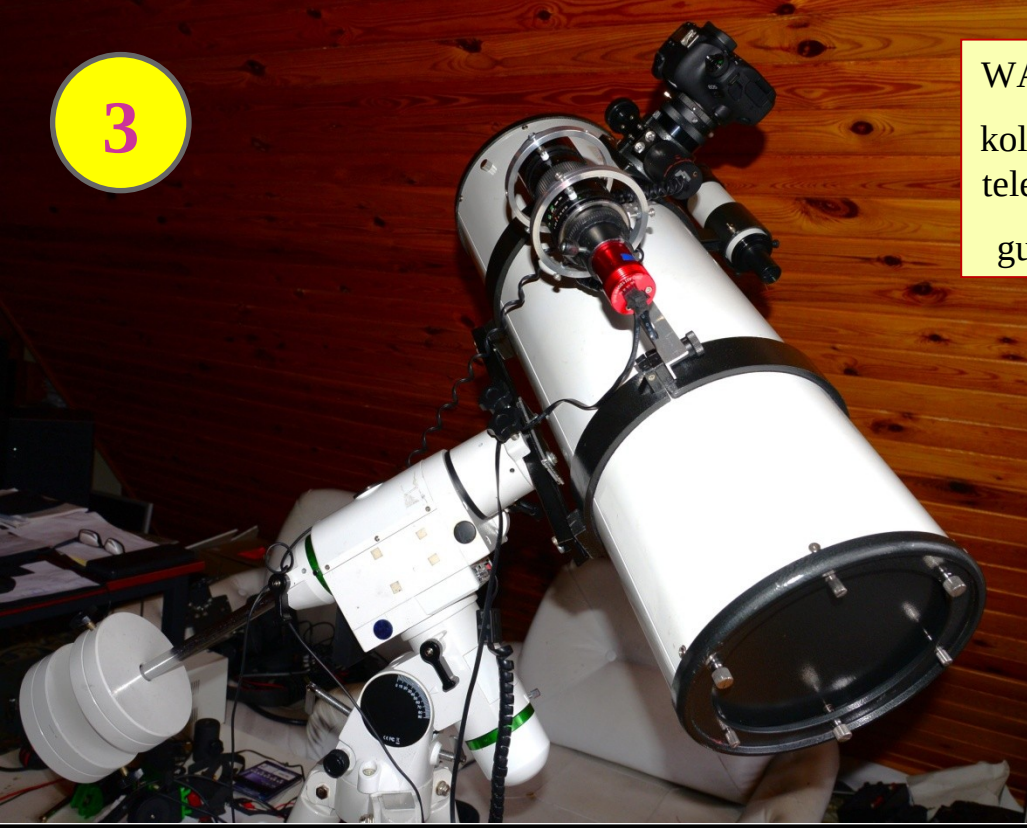
Syriusz

Procjon

Najlepsze widma (#1)

3

WAŻNE:
kolimacja
teleskopu
guiding



Mocowanie sitki dyfrakcyjnej 500 linii/mm w filtrze UV 40,5mm, do matrycy ~ 45mm



M60 - 2" T2=>eos
Teleskop Canon

Adapter do 2"



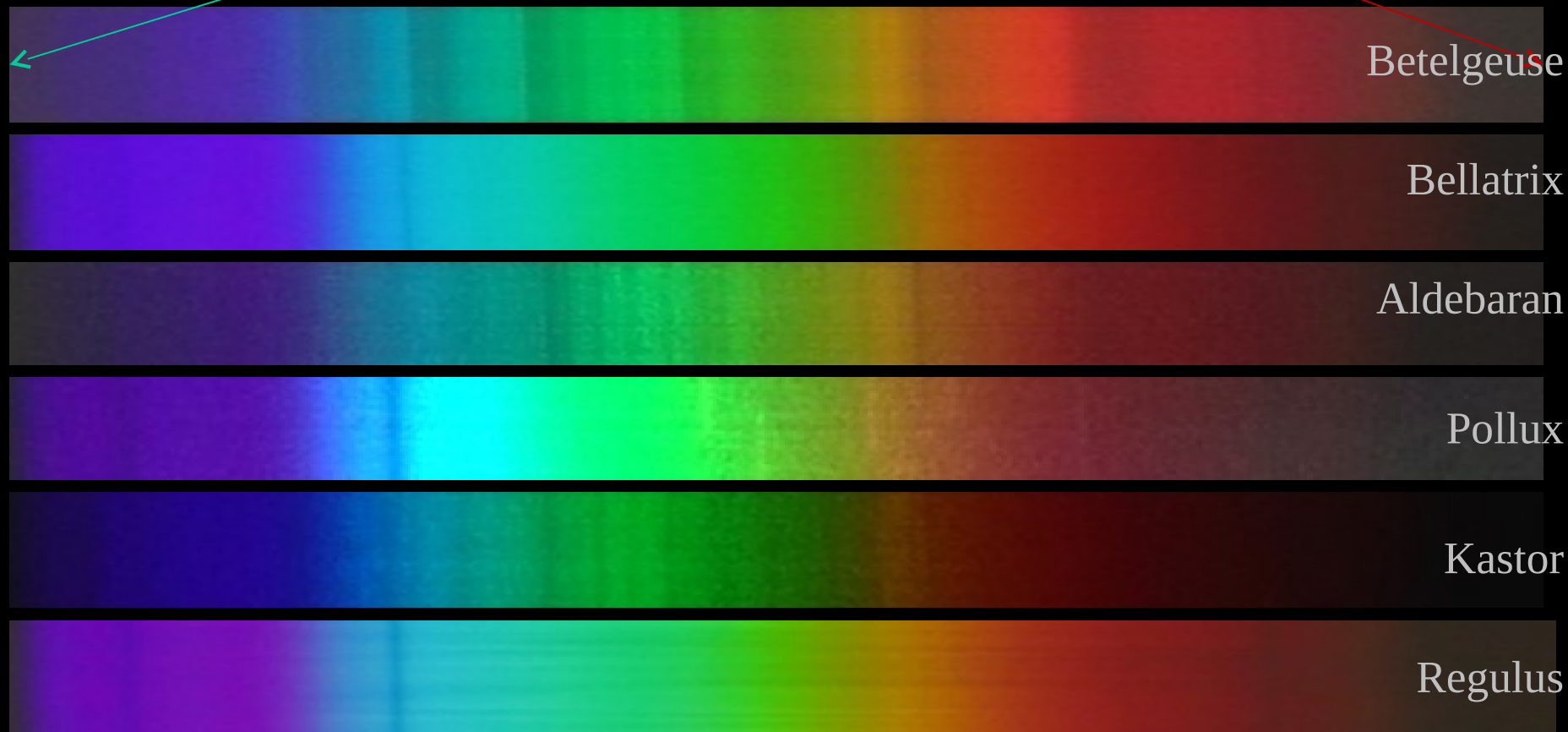
Tuleja T2-T2 2"



M60 x 0,7mm

19,5 deg.

IMGs_1541-1560 22.03.2024 23:09 iso=640 f/4.5 exp=60s

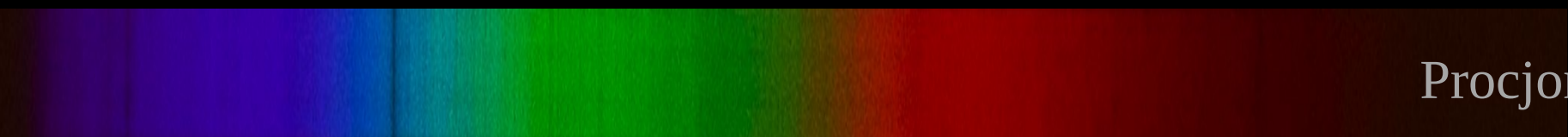


Siatka SA 100 linii /mm z obiektywem 105mm f/1.4 Sigma

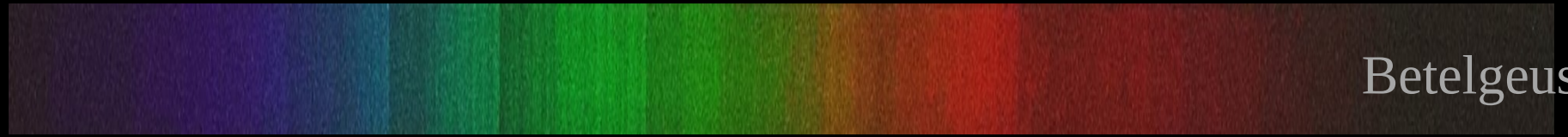
Najlepsze widma (#2)

Star Analyser 200 z Canon 6d2 + ef f=200mm f/2,8L
d=24mm f/d=8.3 exp=30s iso=2000, 03-04-2024

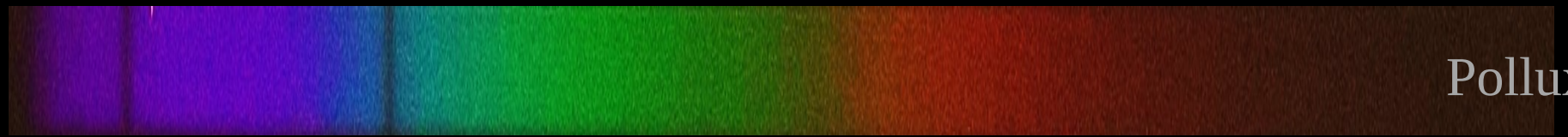
← 6,3° →



Procjon



Betelgeuse



Pollux

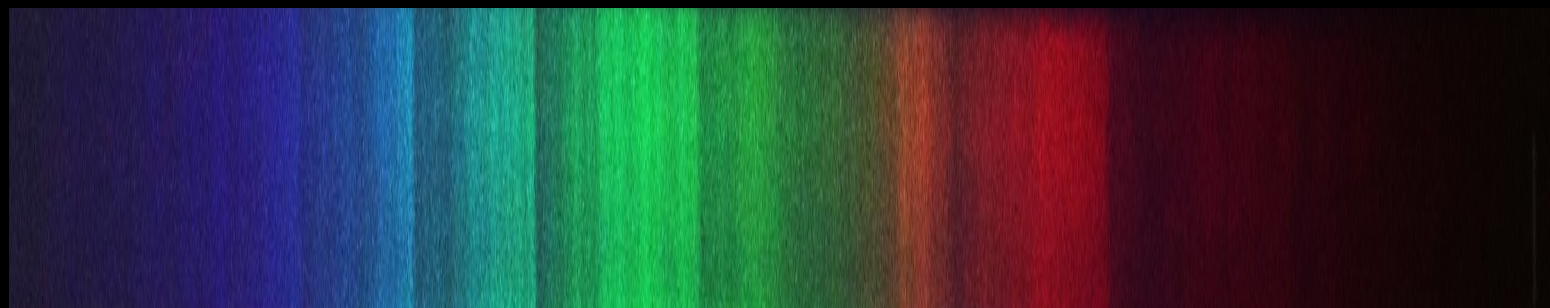


Castor

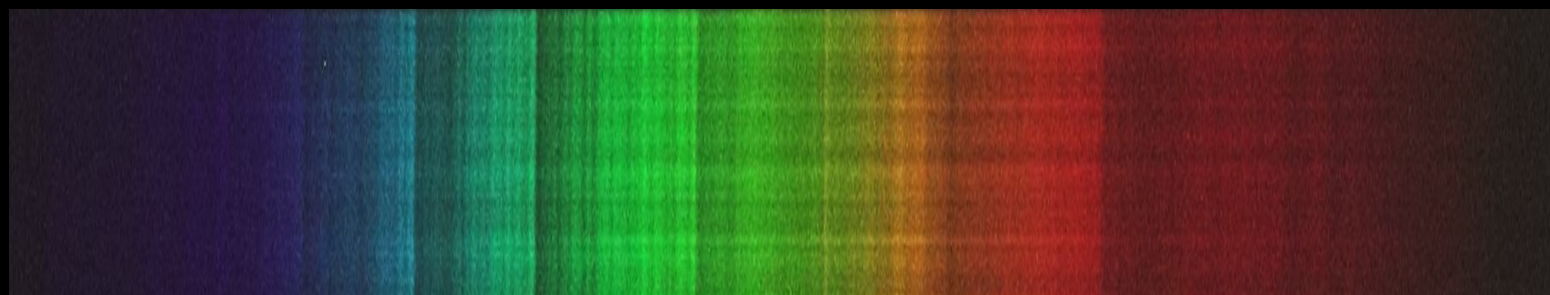


Regulus

Betelgeuse



Ef 200/2.8
@ f/d=5,6
2 μm



Ef 200/2.8
d=24mm
f/d=8,3
SA200
5 μm

Porównanie widma uzyskanego z siatką 2 μm i siatką SA200 5 μm

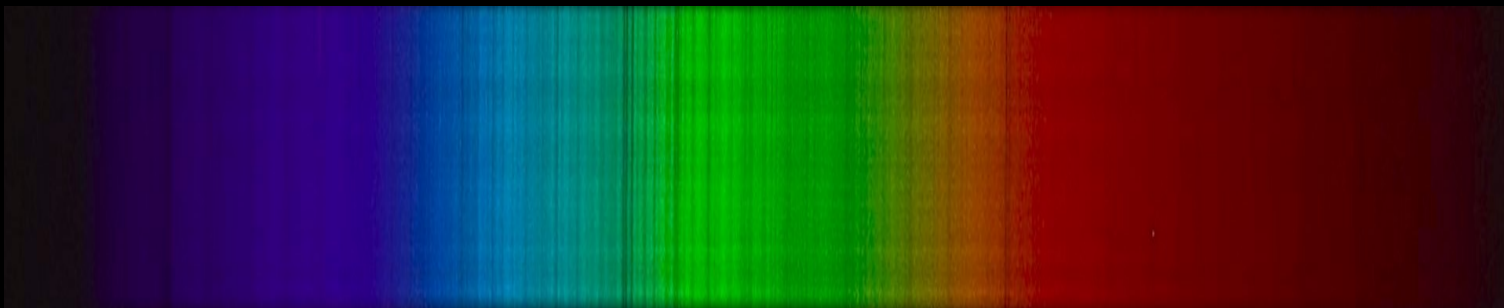
Siatki umieszczane przed obiektywem

Dla siatki SA200 wyraźnie lepsza rozdzielczość

Arkturus



Ef 200/2.8
@ f/d=5,6
2 μm



Ef 200/2.8
d=24mm
f/d=8,3
SA200
5 μm

Porównanie widma uzyskanego z siatką 2 μm i siatką SA200 5 μm
Siatki umieszczane przed obiektywem
Dla siatki SA200 jest wyraźnie lepsza rozdzielczość