



SŁOŃCE

CORAZ LEPIEJ BADAMY, LECZ NIE
DO KOŃCA ROZUMIEMY

Janusz Sylwester

Centrum Badań Kosmicznych PAN
Zakład Fizyki Słońca
Wrocław



Można obserwować gołym okiem

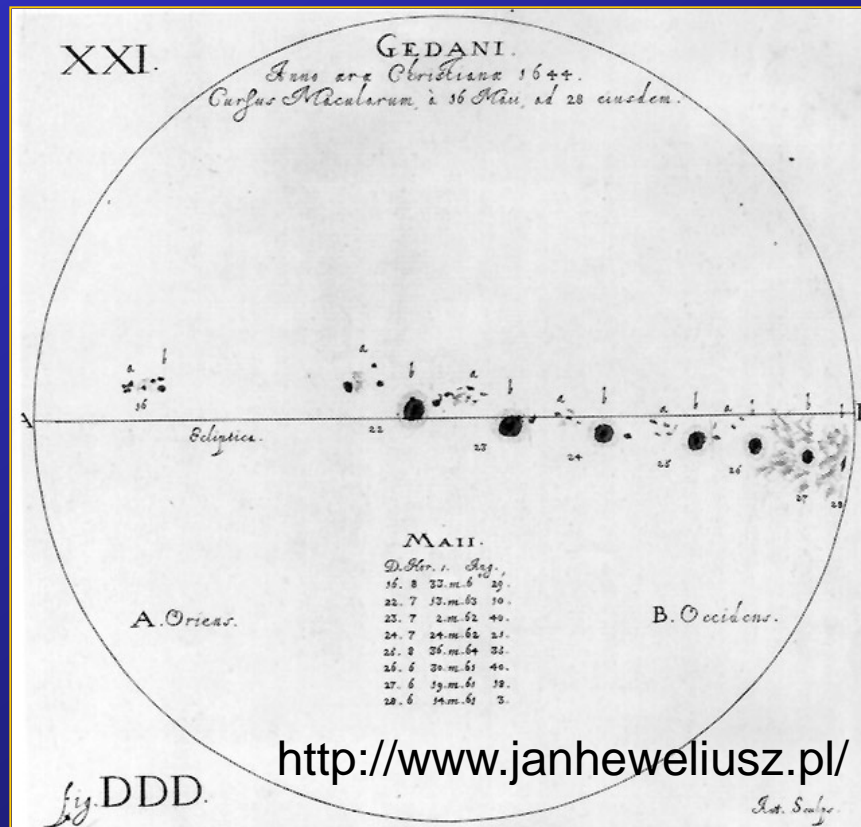


Ale bardzo ostrożnie, jedynie przy wschodzie lub zachodzie, kiedy ekstynkcja „pomaga”. **NIGDY** przez lornetkę etc





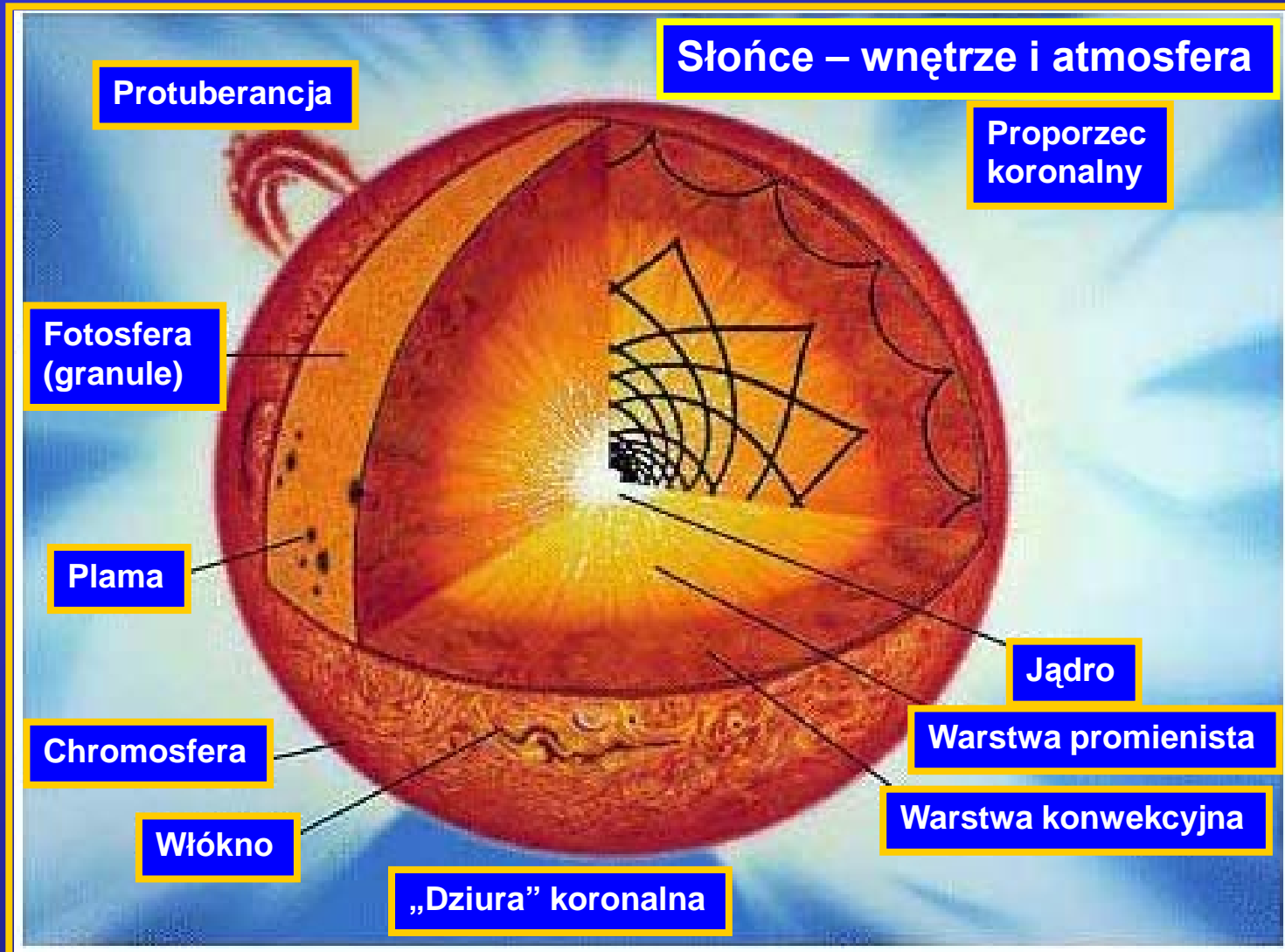
Kamień Słońca Azteków
średnica 4 m,
waga 24 tony



Oswiecenie:
Galileusz (1610), Heweliusz (1640)
obserwują plamy na Słońcu
Rok 2011- rokiem Heweliusza



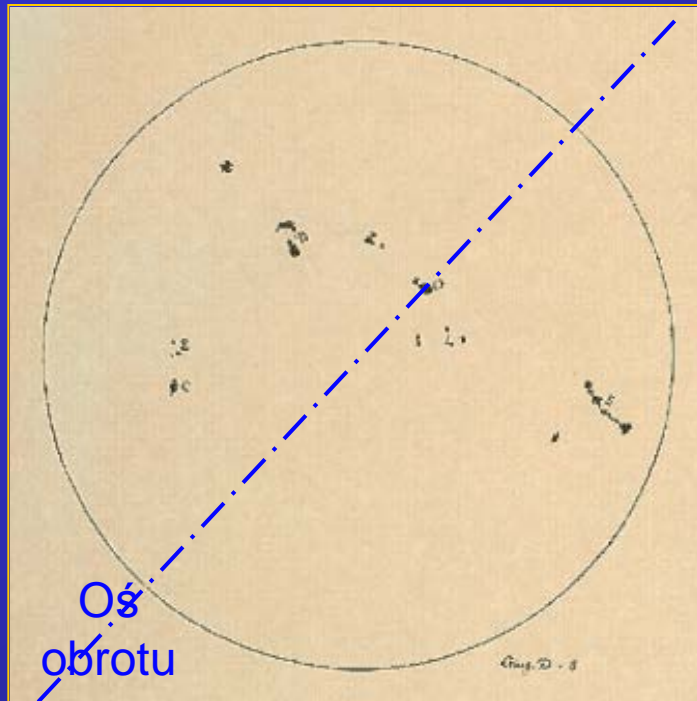
$$P = \Delta mc^2 ; \quad \Delta m = 4 \text{ mln. ton/s}$$



Obserwacje położenia plam prowadzi do określenia okresu obrotu wokół osi



Przez Galileusza

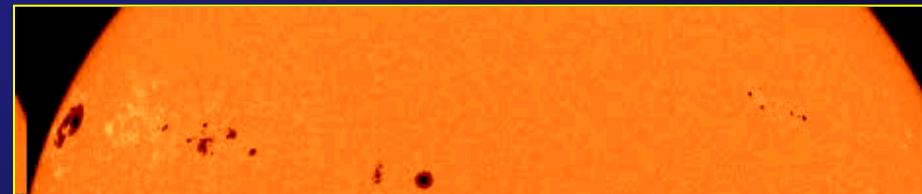


i obecnie (od 1996) SoHO

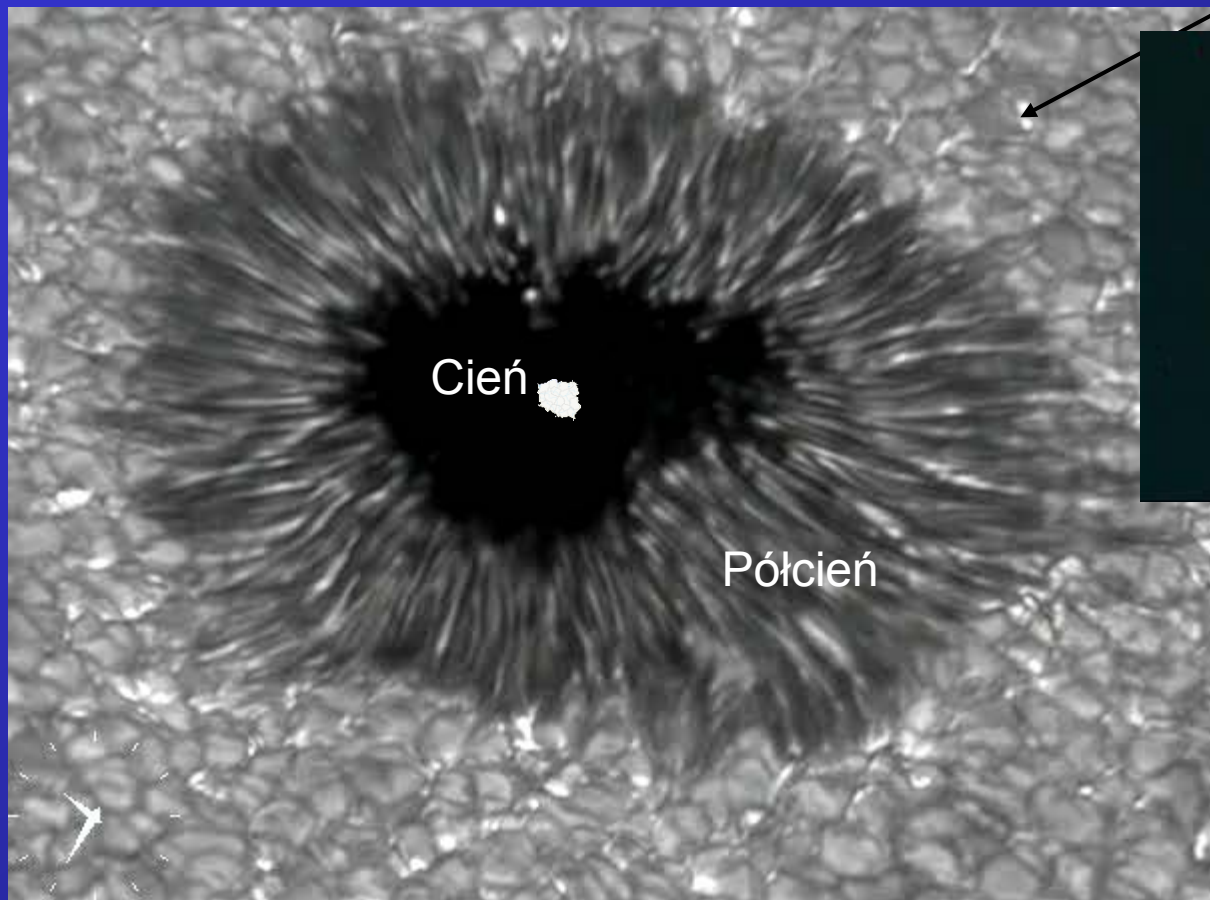


Słońce **NIE** obraca się jak ciało sztywne

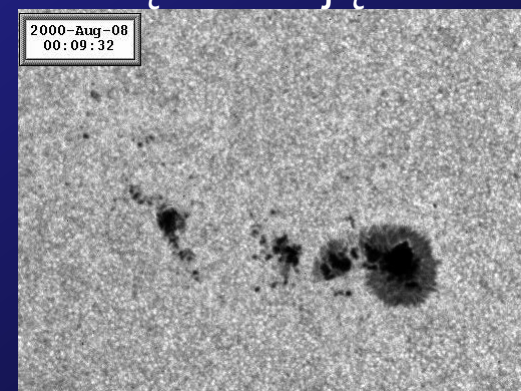
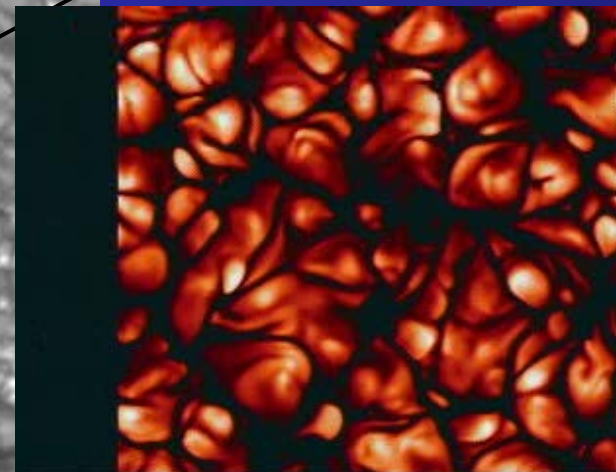
– warstwy równikowe - raz na **25 dni**
przy biegunie wolniej - raz na **30 dni**



Plamy w zbliżeniu $1'' = 725 \text{ km na } \odot$



granulacja



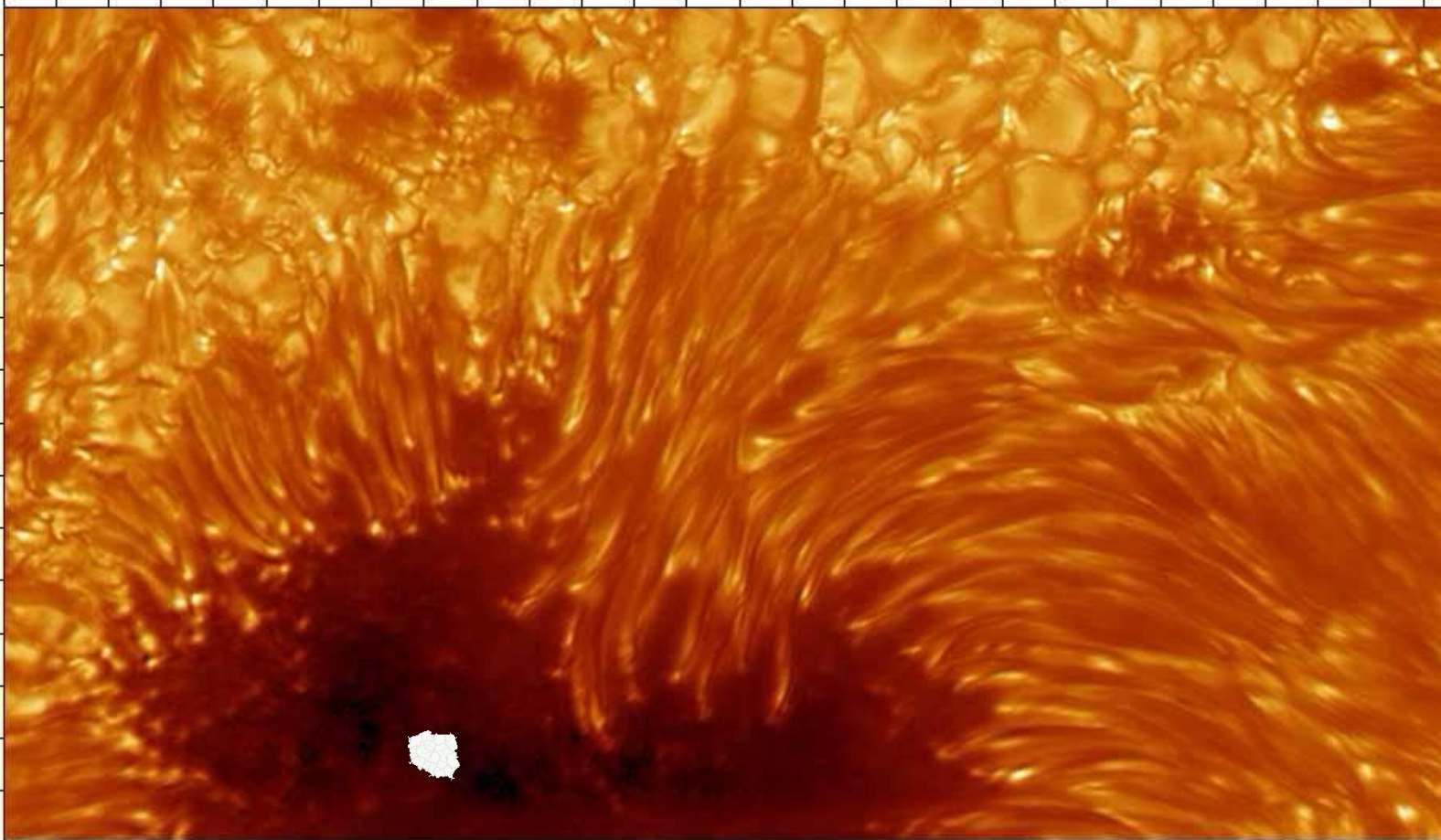
Rozdzielczość przestrzenna ograniczona jest turbulencją naszej atmosfery przy obserwacjach z Ziemi, lub rozmiarami obiektywu przyrządu w kosmosie





G-Band, 15 July 2002, Swedish 1-m solar telescope

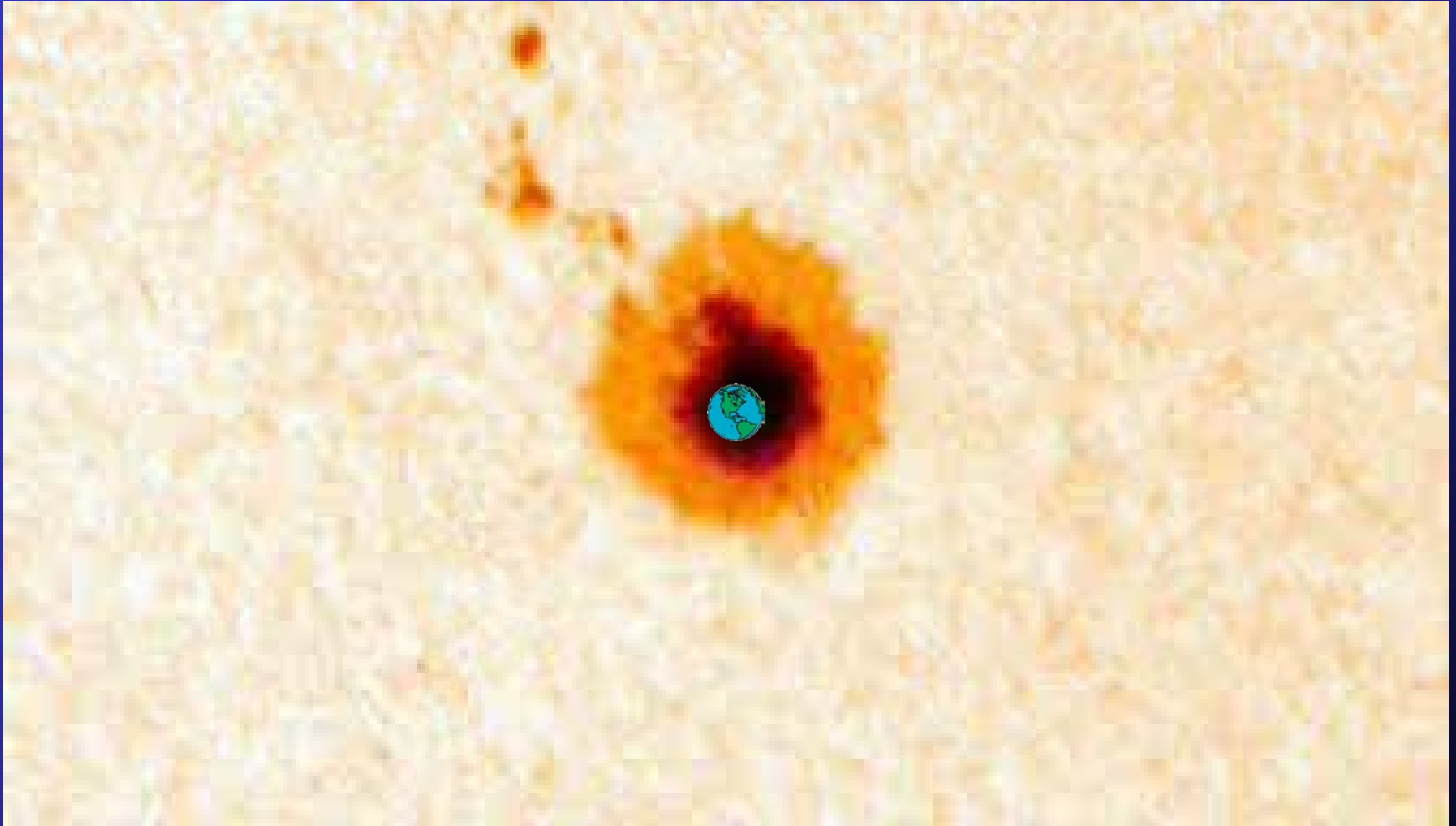
00:00:00



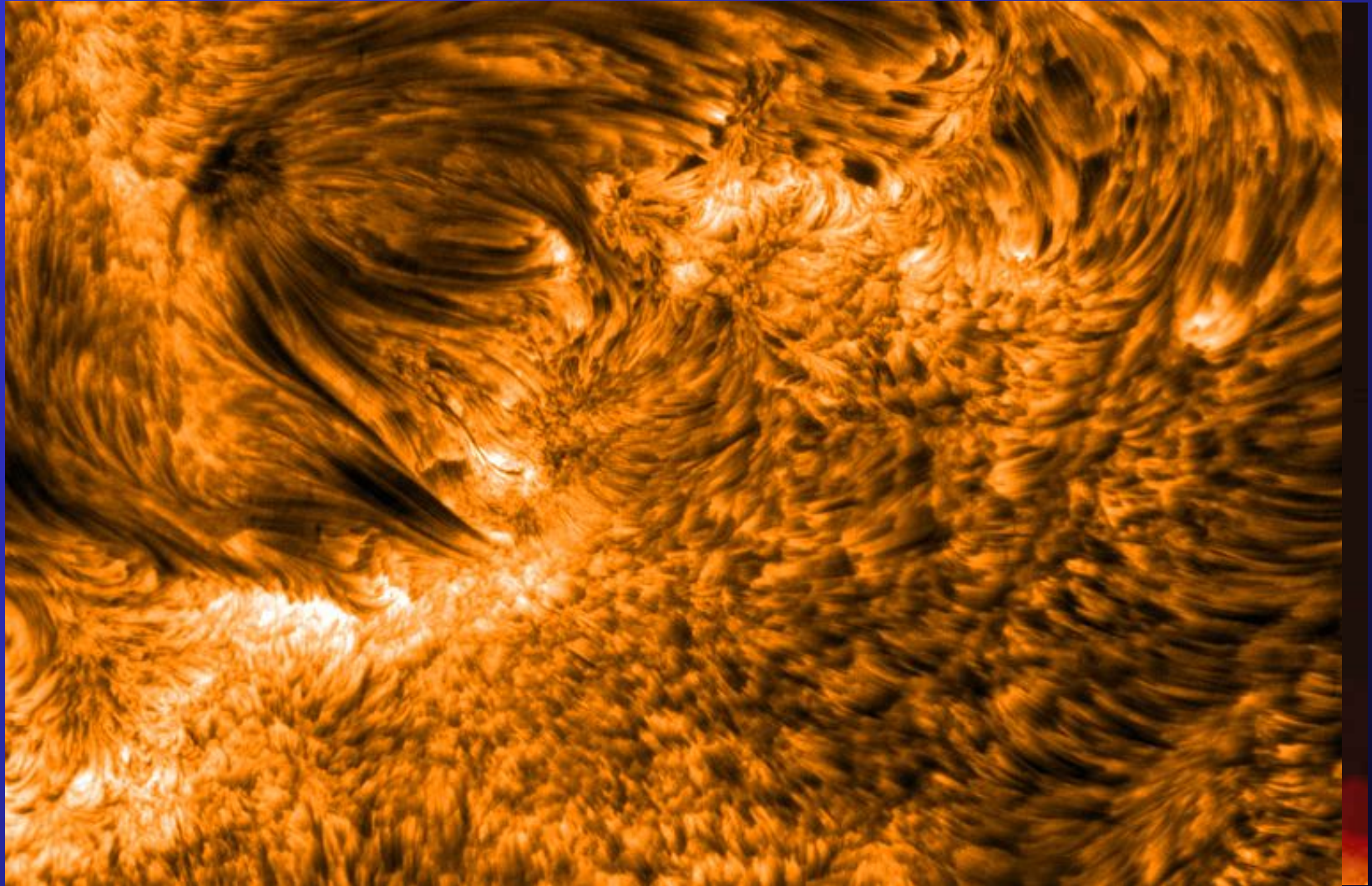
Działki co tysiąc km na Słońcu



Zajrzyjmy pod fotosferę



Dostarczanie materii do korony: spikule konsekwencją obecności fal



SSVT 10000 km



Generacja pól magnetycznych – powstawanie plam tzw. DYNAMO



W ciągu roku:
~12 OBROTÓW przy
biegunach
14 OBROTÓW na
równiku
Rośnie napięcie
pola B

$$\rho = \rho_g + \rho_B \sim \text{const}$$

Działa
Siła Archimedesesa

Pola magnetyczne odtwarzane są w wyniku współdziałania: rotacji różnicowej, siły Archimedesesa działającej na namagnetyzowaną plazmę i konwekcji,

SŁOŃCE: CORAZ LEPIEJ BADAMY, LECZ NIE DO KOŃCA ROZUMIEMY- *Janusz Sylwester*

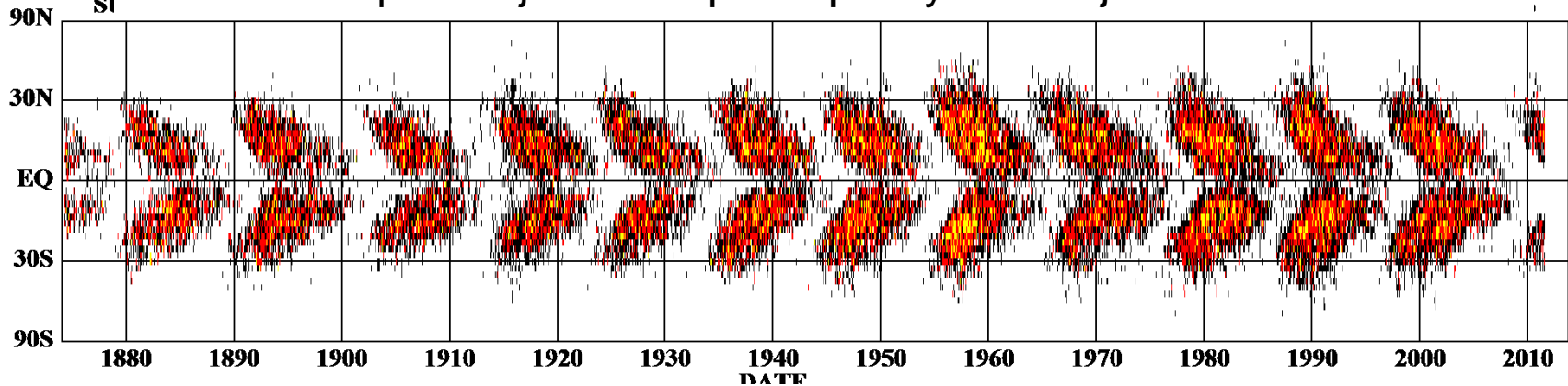
Gliwice 27 października 2011



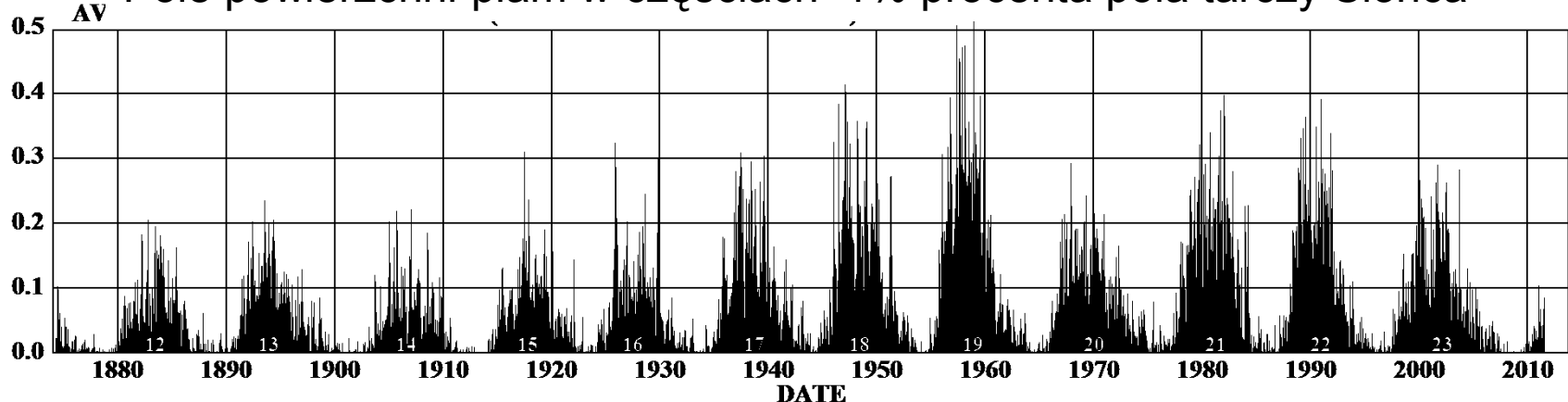
Aktywność słoneczna: cykl 11/22 letni – „diagram motylkowy”

Obserwowane uśrednione pola powierzchni plam

SI Procentowe pole zajmowane przez plamy w danej szerokości

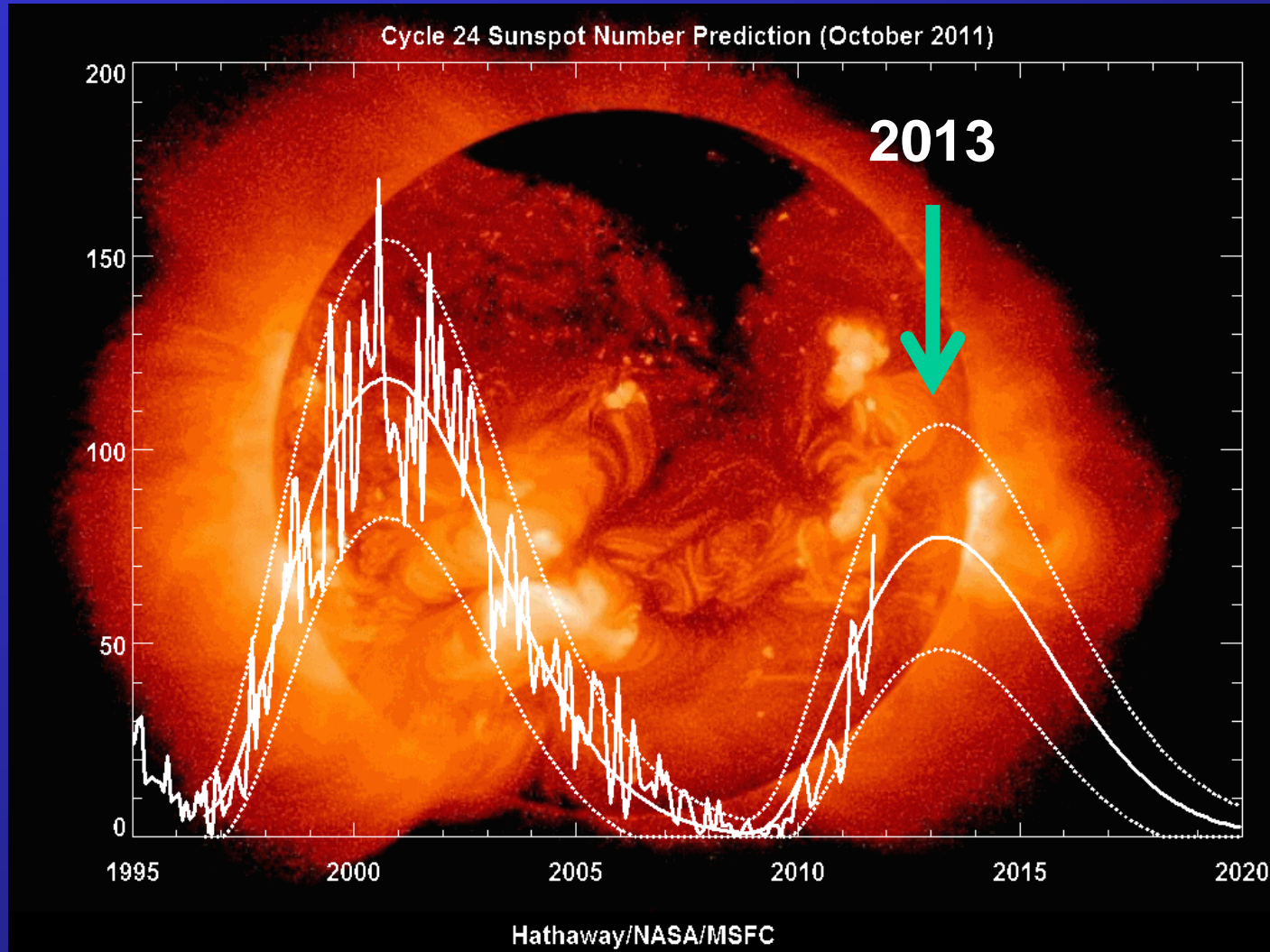


AV Pole powierzchni plam w częściach 1% procenta pola tarczy Słońca

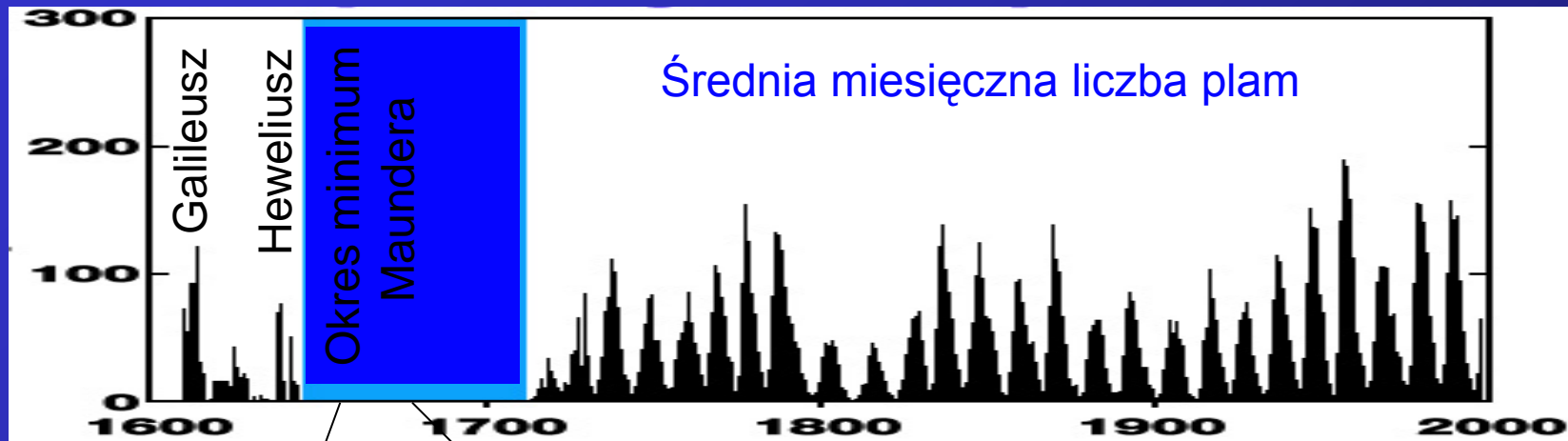


Obecny Cykl aktywności: 24

http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/ssn_predict_1.gif



Wstrzymana (?) aktywność w XVII w. powodem epoki mini-lodowcowej

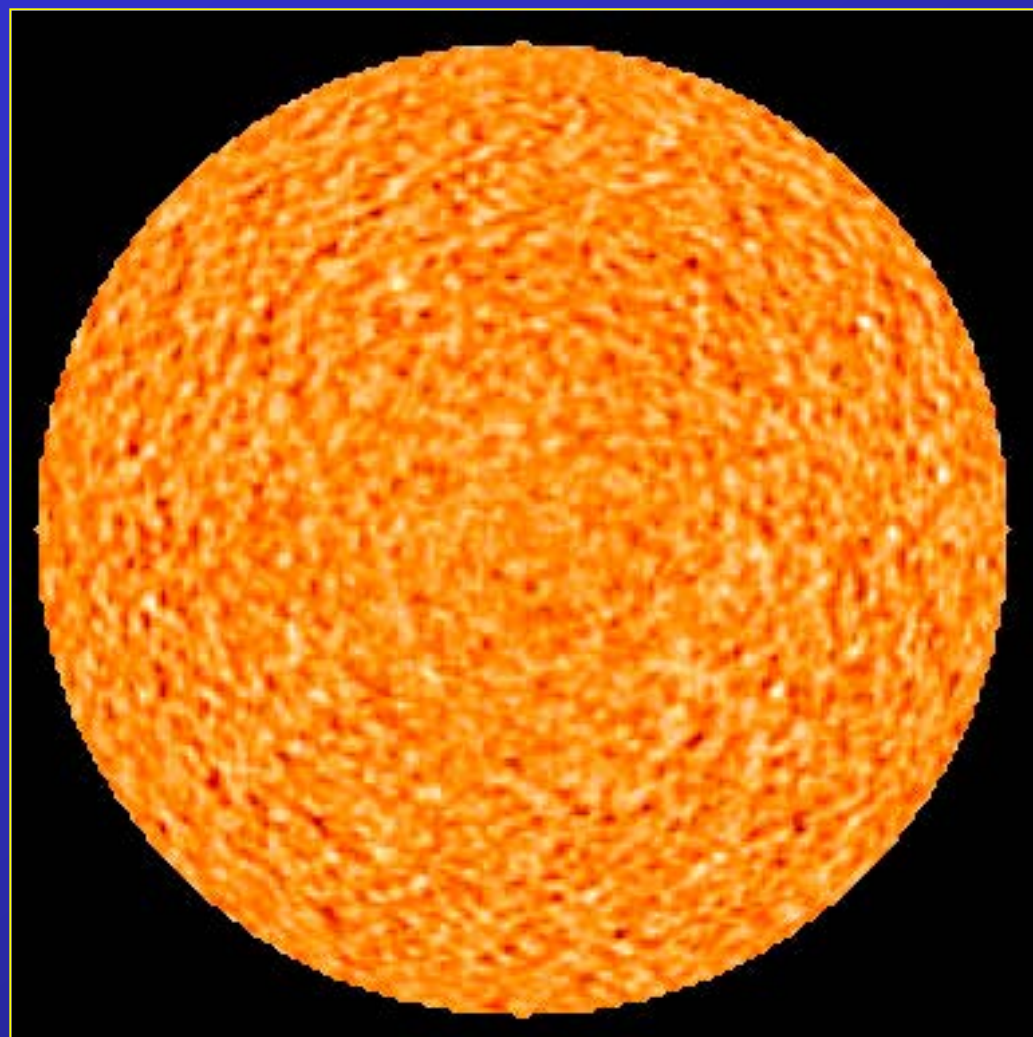


Krajobraz zimowy
Aert van der Neer
Holandia 1660



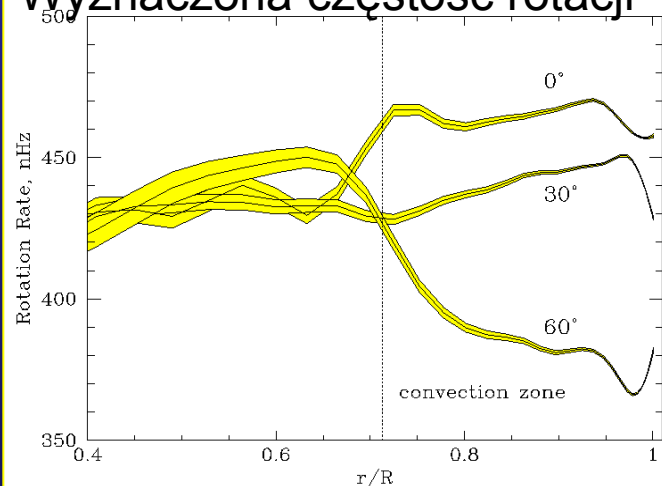
Londyn – Targ na zamrzniętej Tamizie
Abraham Hondius - 1684





Poszczególne typy (mody) fal siegają na różne głębokości

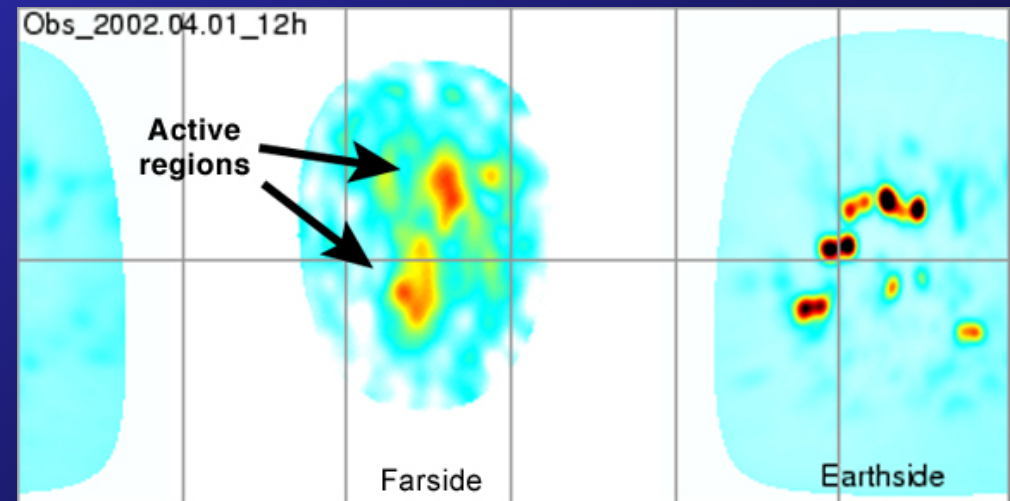
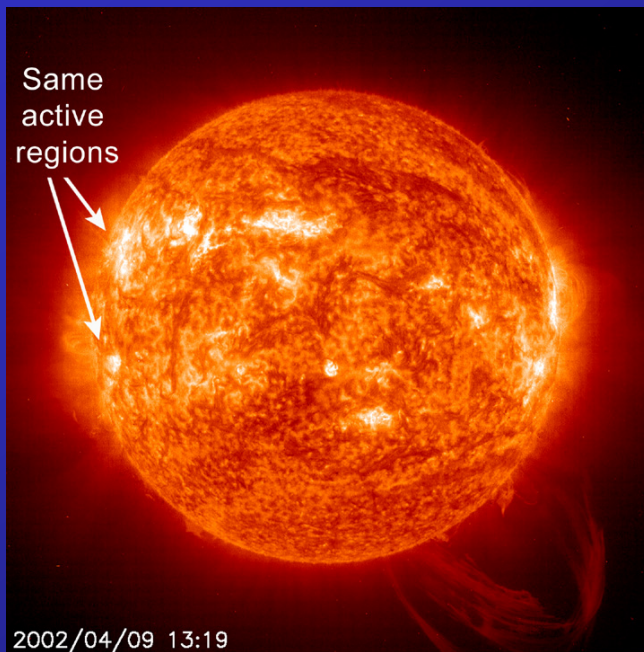
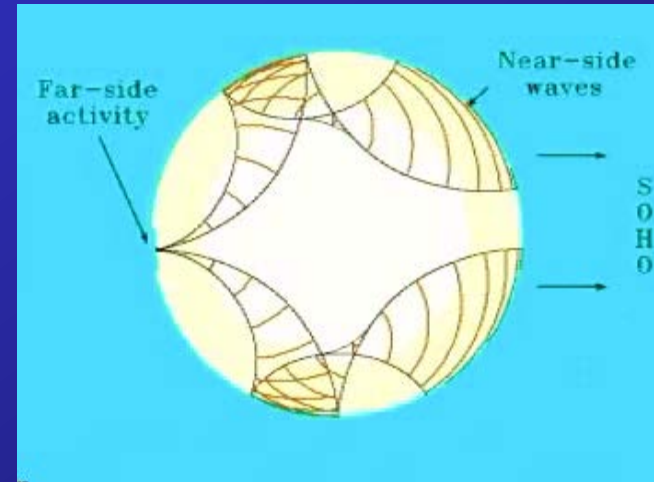
Wyznaczona częstość rotacji



Dzięki metodom sejsmo-holografii rekonstruujemy położenie obszarów aktywnych



Obszary aktywne zaburzą regularny sposób rozchodzenia się fal przy powierzchni, co ujawnia się w obserwacjach pola oscylacji na widomej części tarczy Słońca



Real-time farside images: <http://soi.stanford.edu/data/farside/index.html>





Od dyskusji zachowania powierzchni i wnętrza wodoro-helowej kuli gazowej jaką jest Słońce przechodzimy do opisu warstw zewnętrznych:

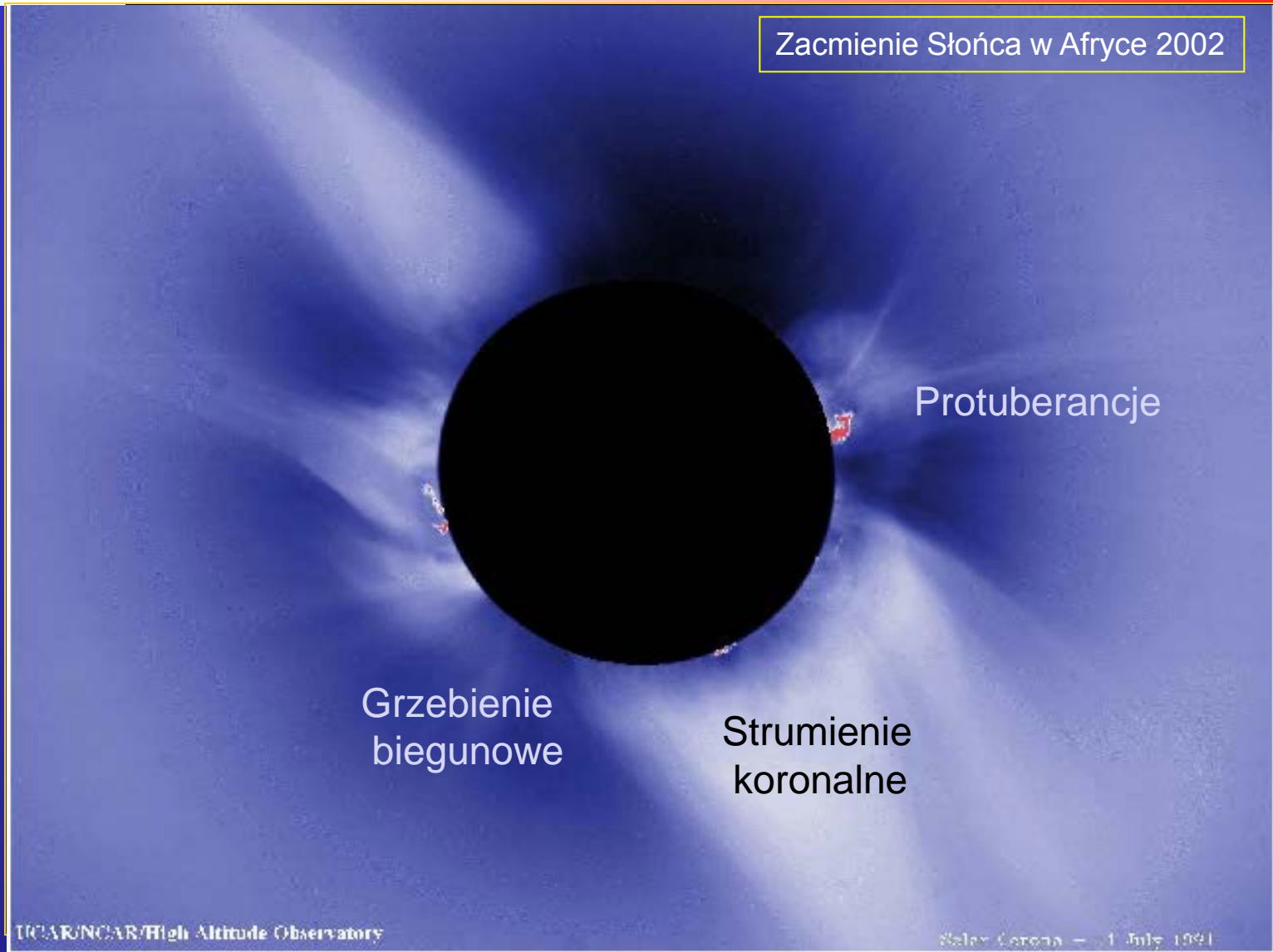
Chromosfery i korony

Warstwy te do tzw. Ery Kosmicznej obserwowano rzadko, jedynie podczas zaćmień Słońca. Obecnie strukturę tych obszarów obserwujemy regularnie

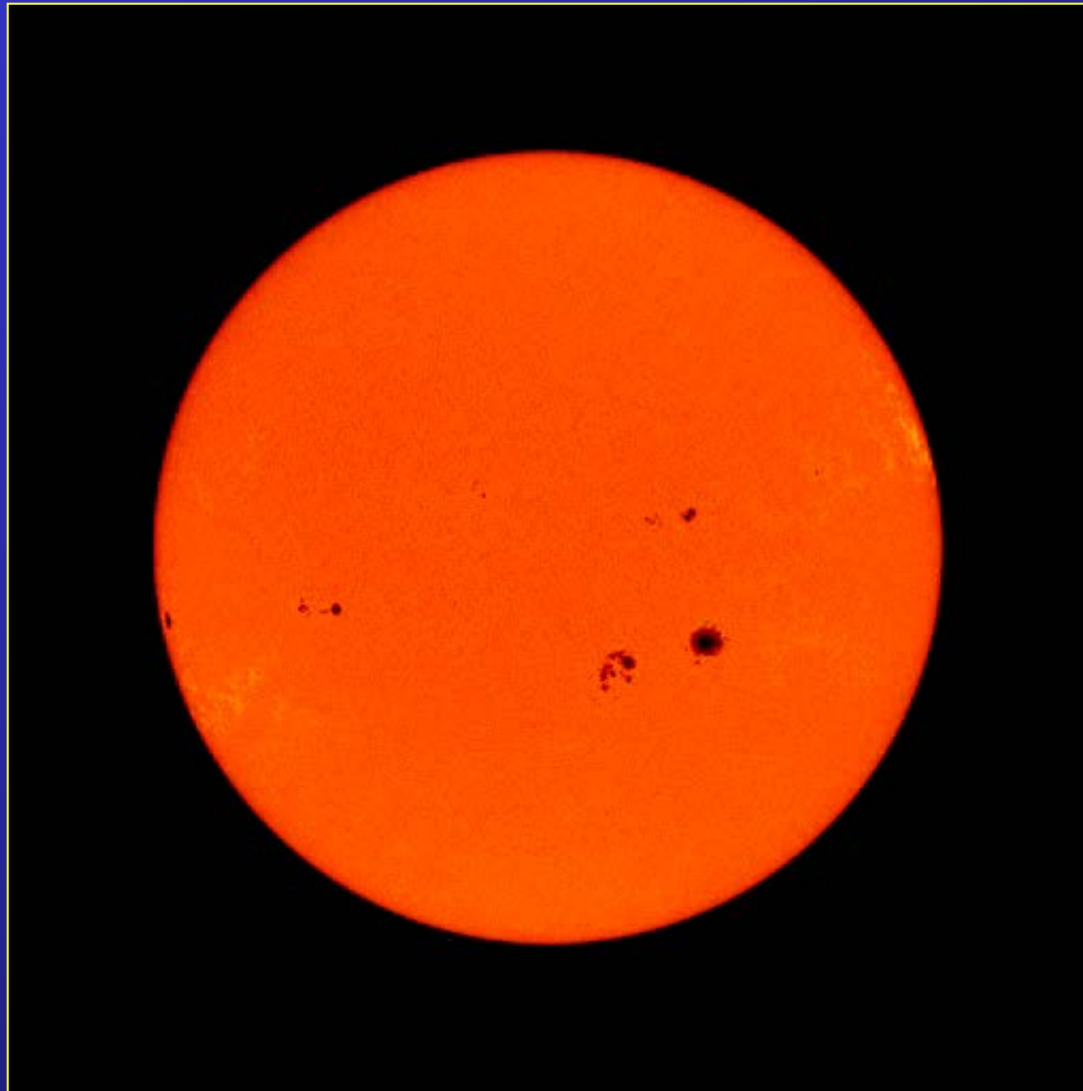


Obecność korony o temperaturze $T > 1000000 \text{ K}$ (1 MK) pozostaje zagadką

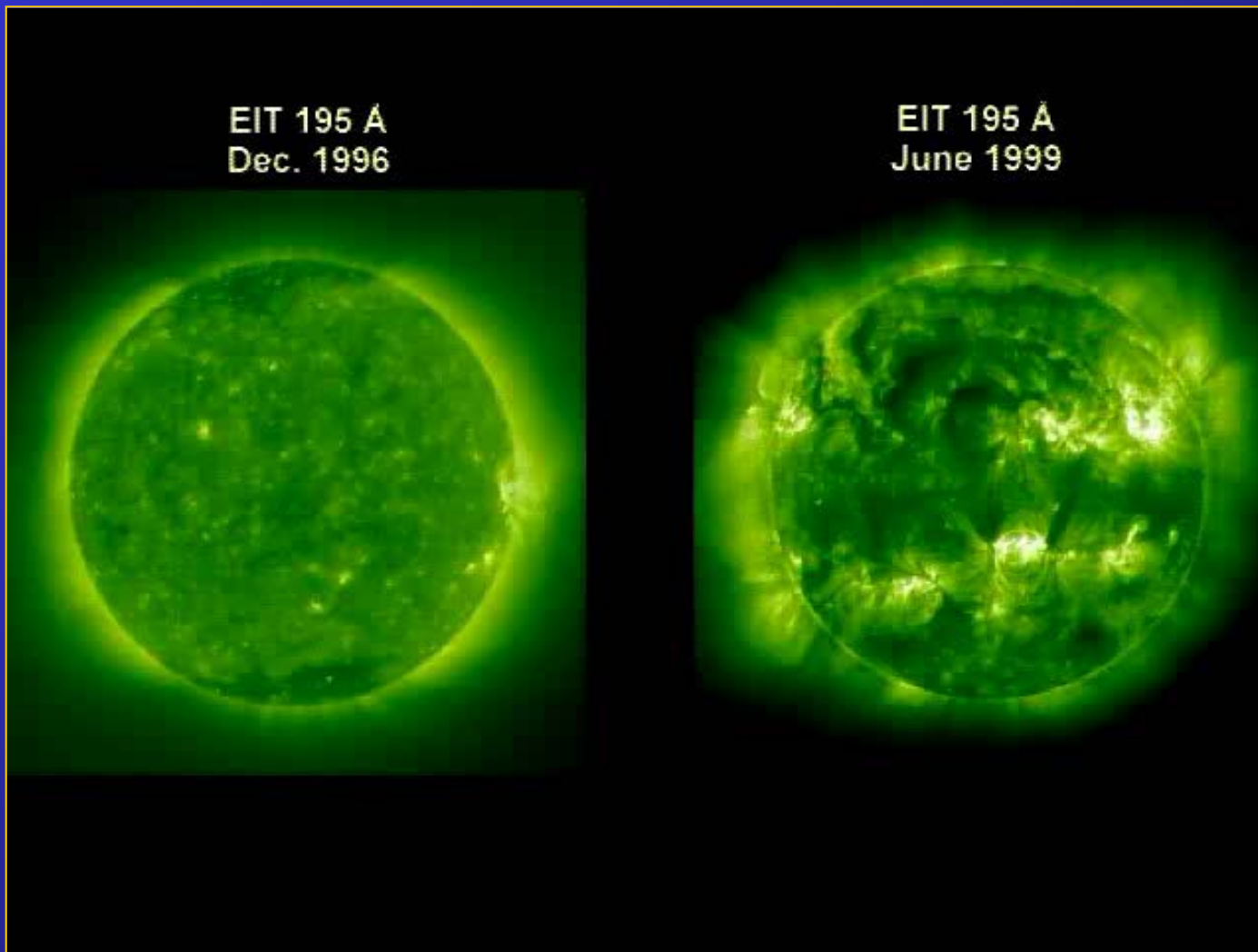
Zacmienie Słońca w Afryce 2002



Słońce widziane w wybranych zakresach widma (energiach)



W minimum (również 2009) i w maksimum



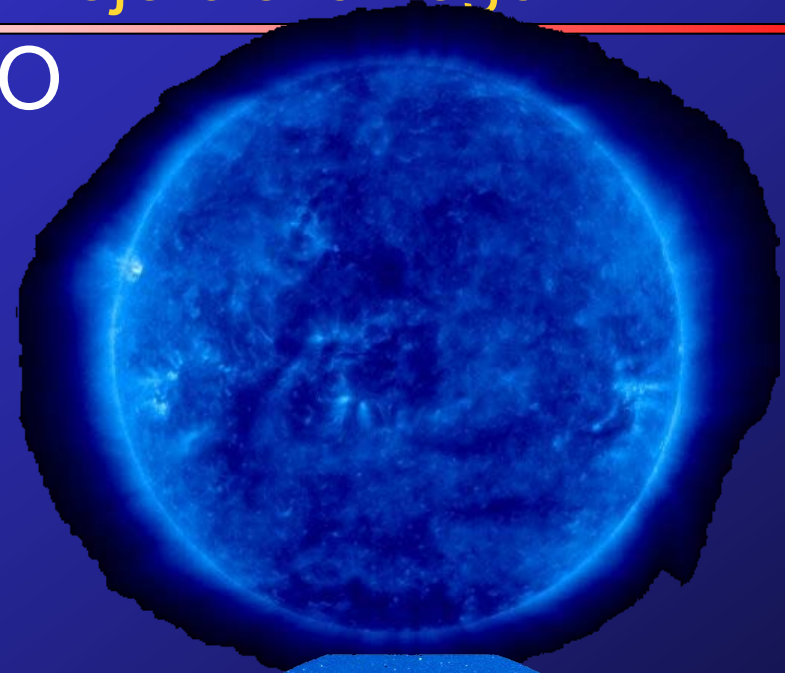
W okresie minimum- nic się nie dzieje ciekawego...



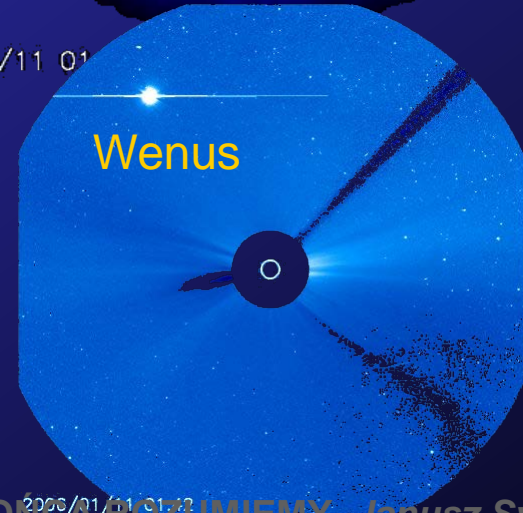
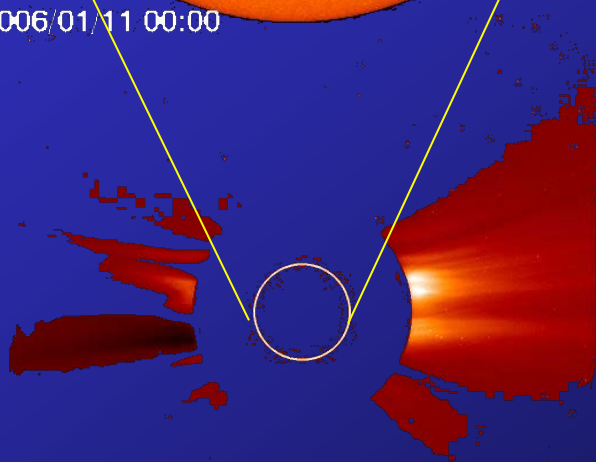
SOHO



2006/01/11 00:00



2006/01/11 01:00



2006/01/11 01:12

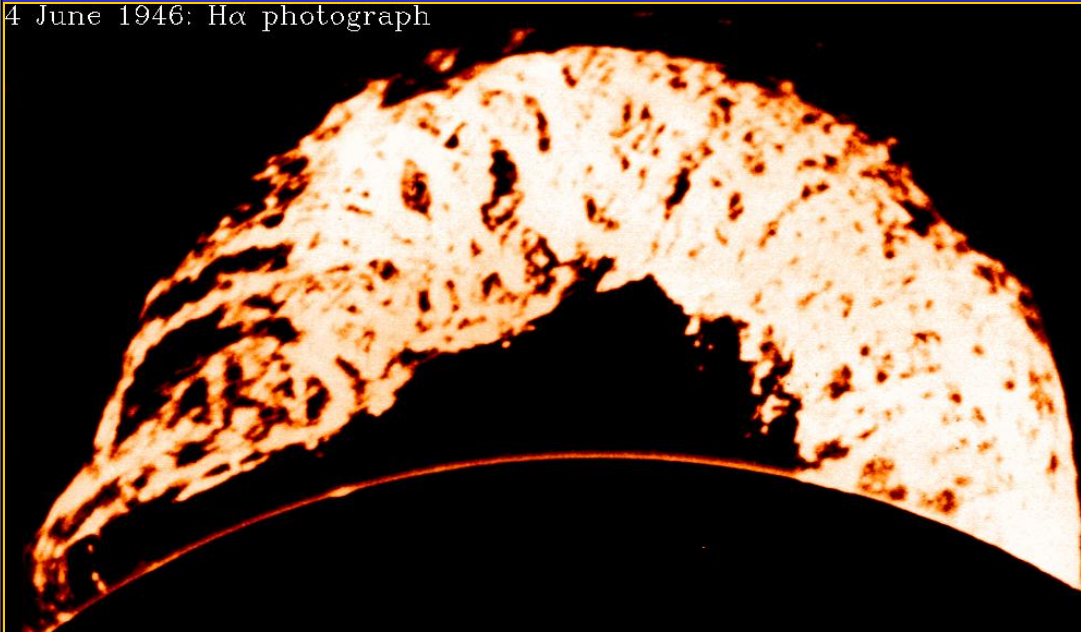
SŁOŃCE: CORAZ LEPIEJ BADAMY, LECZ NIE DO KOŃCA ROZUMIEMY- Janusz Sylwester
Gliwice 27 października 2011

2006/01/11 02:06



Korona – środowisko dynamiczne

4 June 1946: H α photograph



Source: High Altitude Observatory Archives

HAO A-007

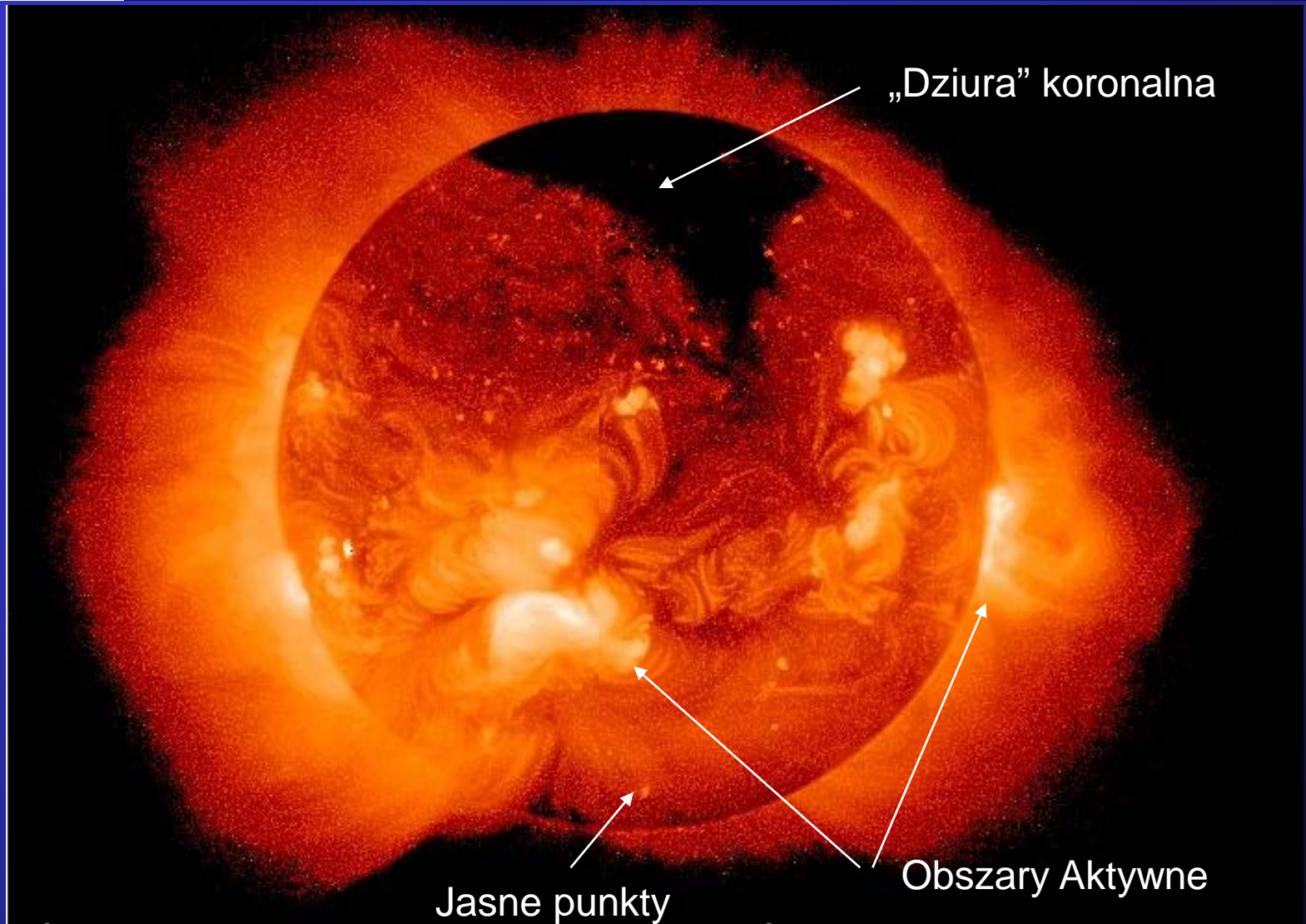
POST-FLARE LOOPS

H-alpha Observations from LaPalma
June 26, 1992
08:10 - 08:55 UT

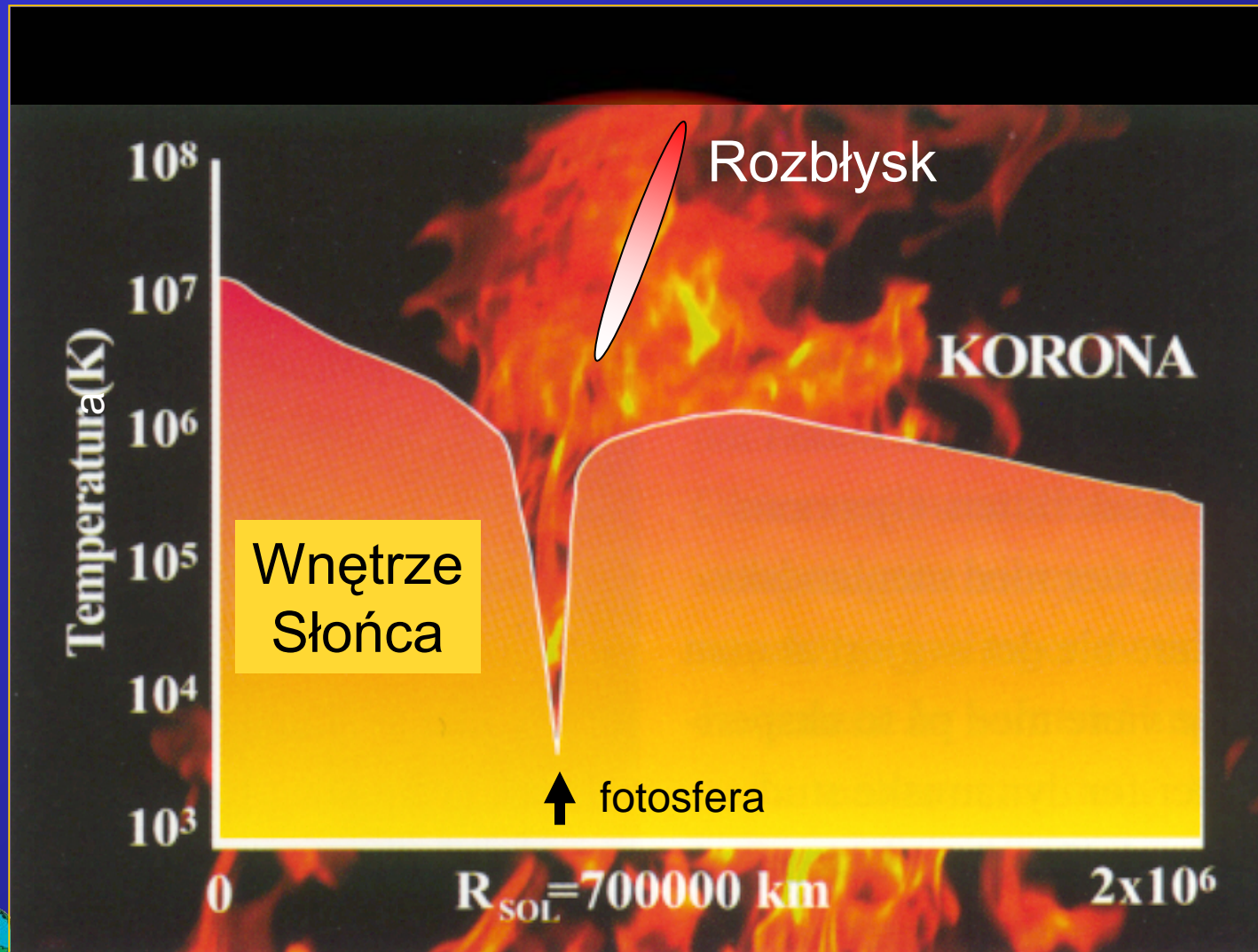


TRACE – obrazy
Z najlepszą obecnie
rozdzielczością

W miękkich promieniach X



W różnych temperaturach

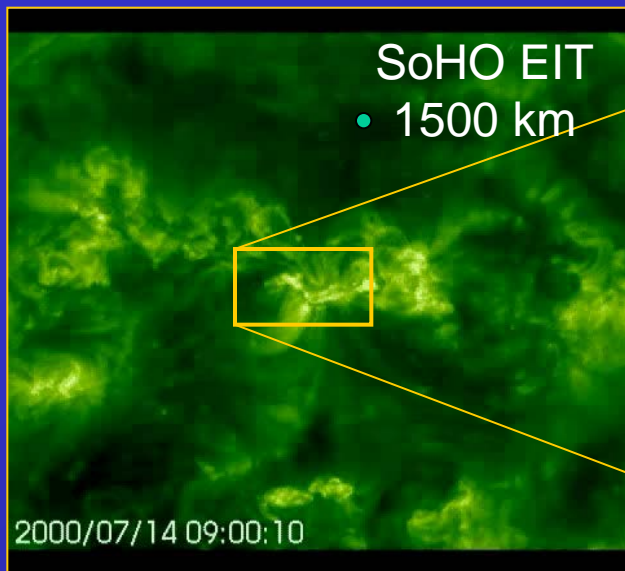


W rozblyskach temperatura dochodzi do $\sim 30 \text{ MK}$ a elektrony i protony rozpędzane sa do energii kilkunastu MeV - GeV

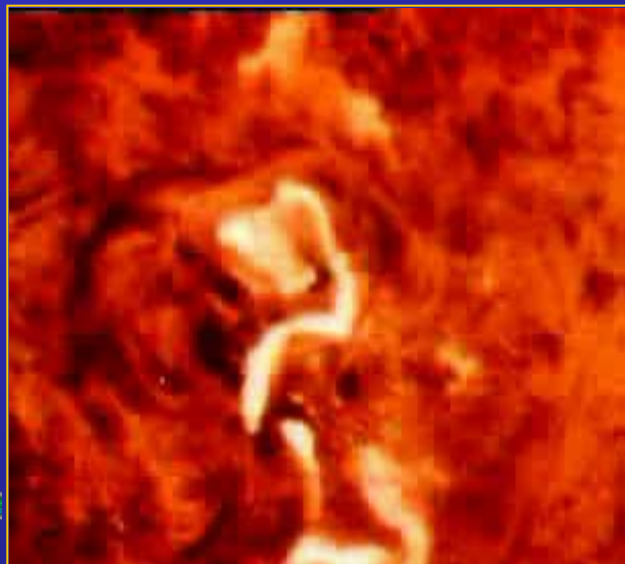
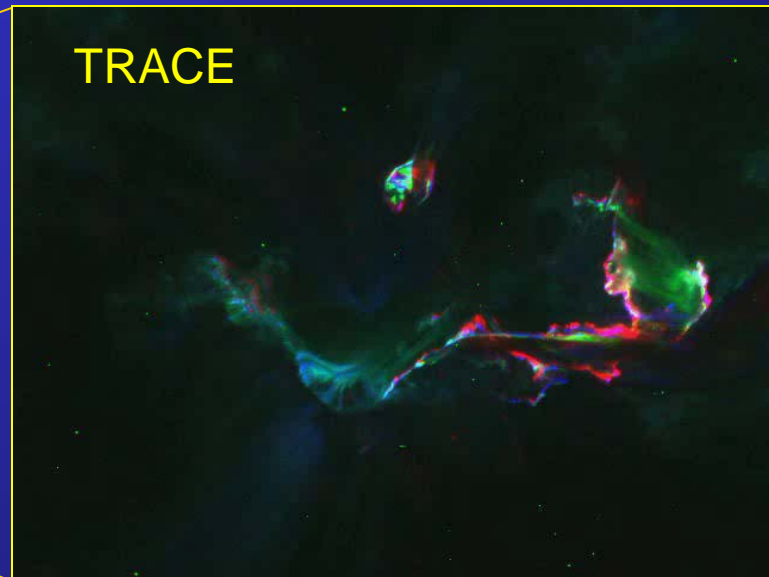




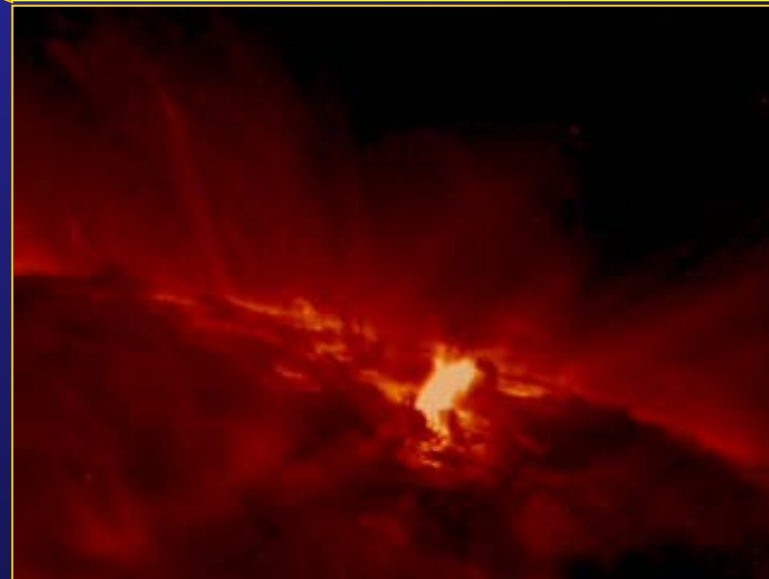
Rozbłyski obserwowane z dużą rozdzielczością przestrzenną

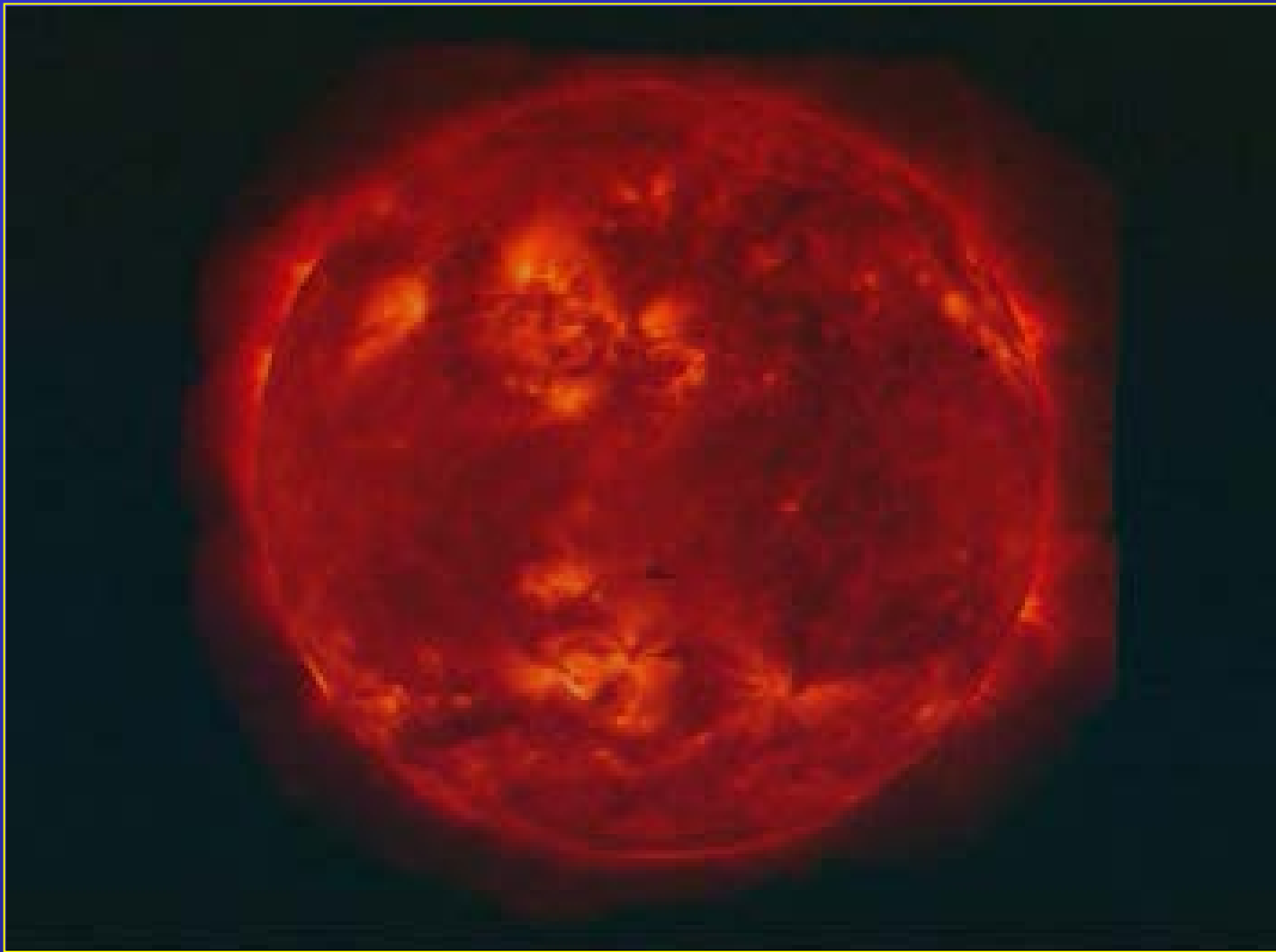


Rozbłysk
„Bastylii”
14 lipca
2000

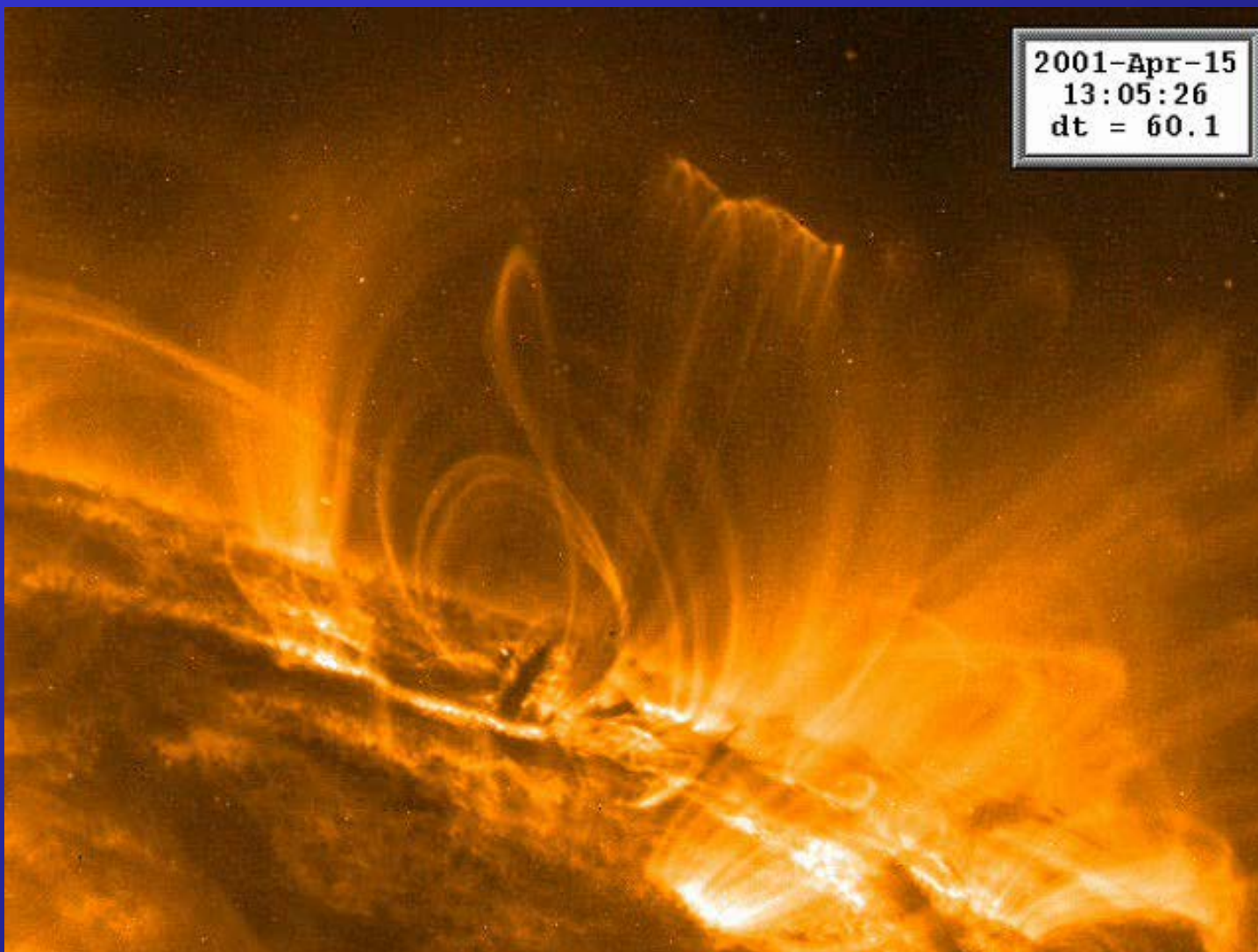


W
Linii
H α

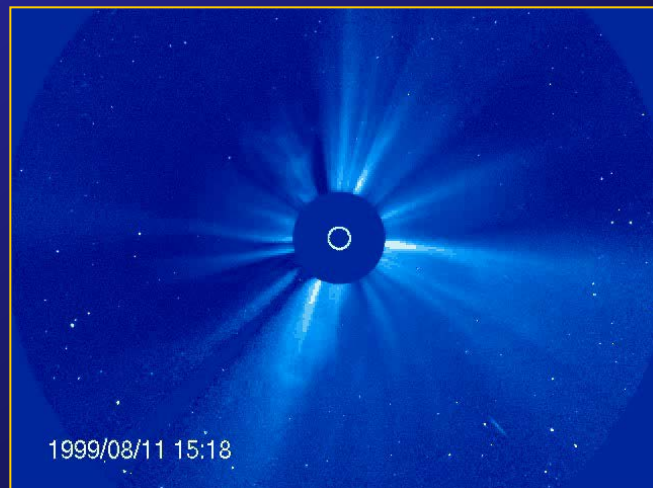
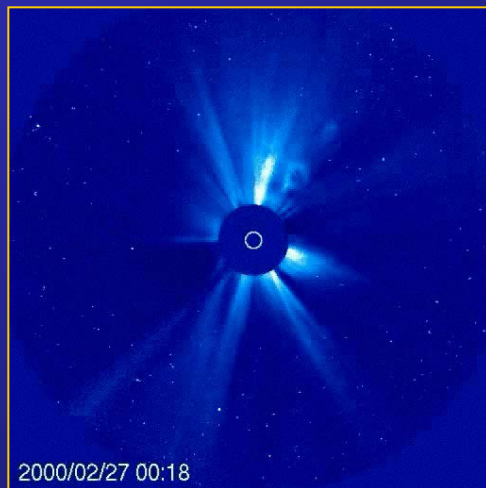
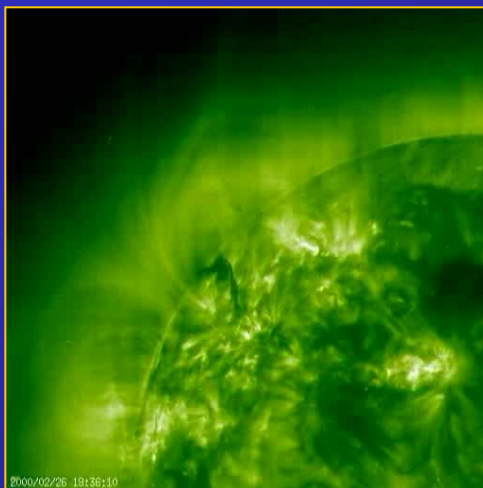
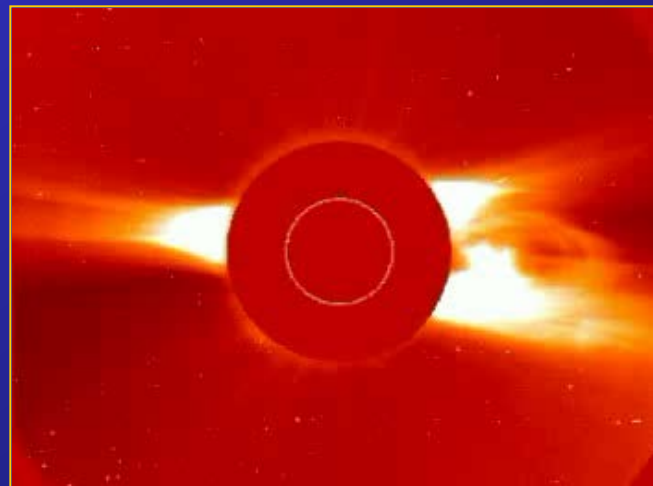
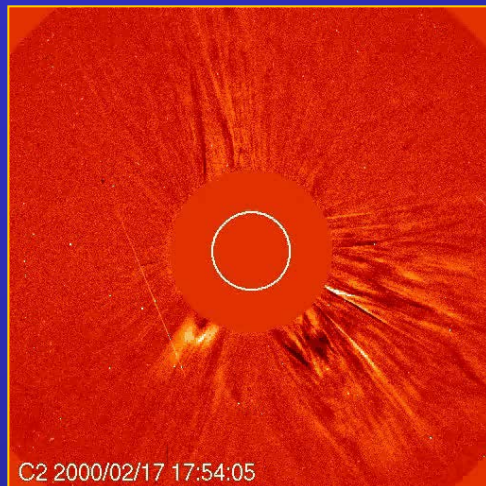
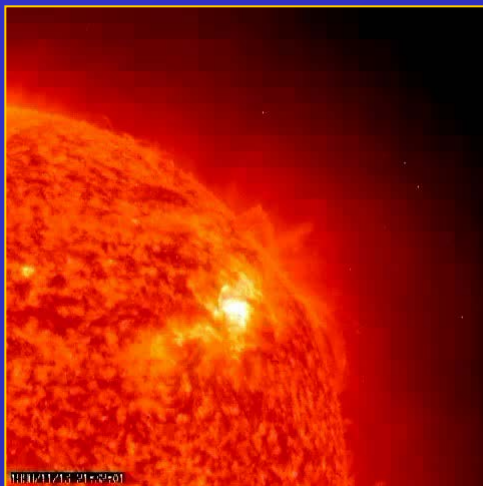




TRACE – dynamika jednego z najsilniejszych rozbłysków 23 cyklu: X15



Wyrzuty koronalne – masa 10^{10} ton do kilku dniennie w okresie maksimum aktywności



Energia wyrzutu $\sim 10^{24}$ J, kolosalna w ziemskiej skali – odparowanie oceanów

SŁOŃCE: CORAZ LEPIEJ BADAMY, LECZ NIE DO KOŃCA ROZUMIEMY- *Janusz Sylwester*

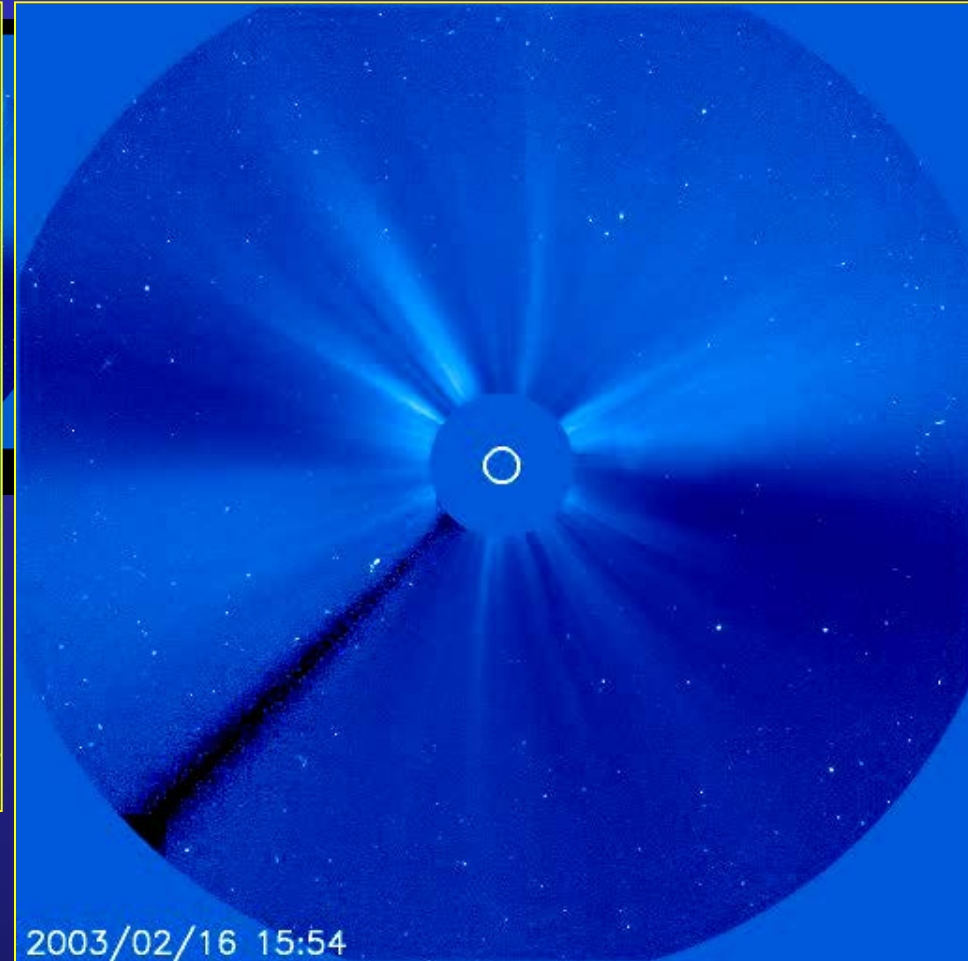
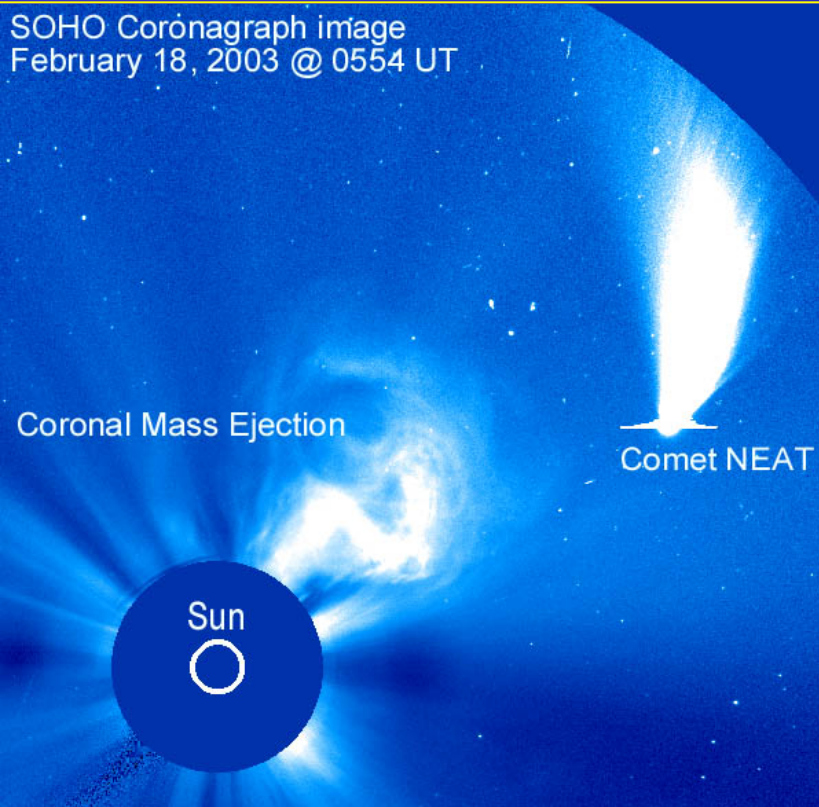
Gliwice 27 października 2011



Kometa NEAT (C/2002 V1)



SOHO Corónagraph image
February 18, 2003 @ 0554 UT



Do chwili obecnej Obserwacje SoHO
zaowocowały odkryciem ponad 2000
komet – $\frac{3}{4}$ znanych

wiwat polscy amatorzy →

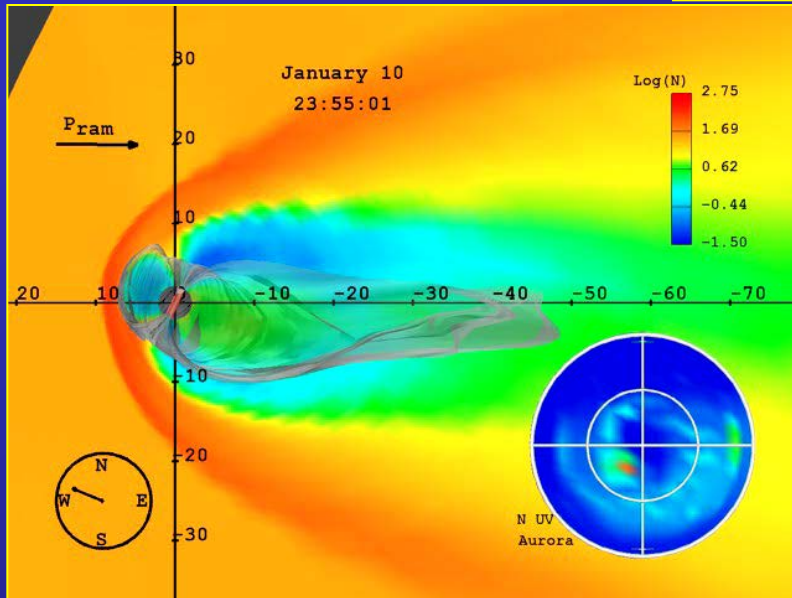
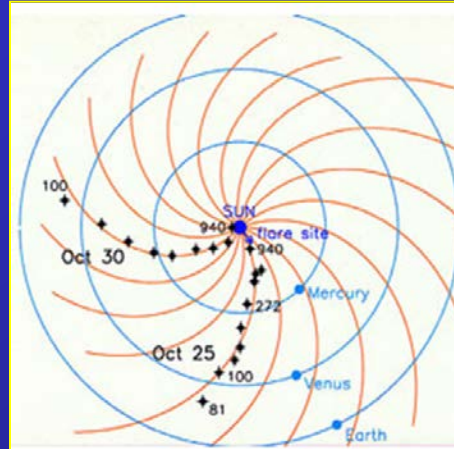
<http://www.astronomia.pl/wiadomosci/index.php?id=2698>



Wiatr słoneczny i CME



Dziury koronalne – źródłem szybkiego wiatru ~700 – 800 km/s



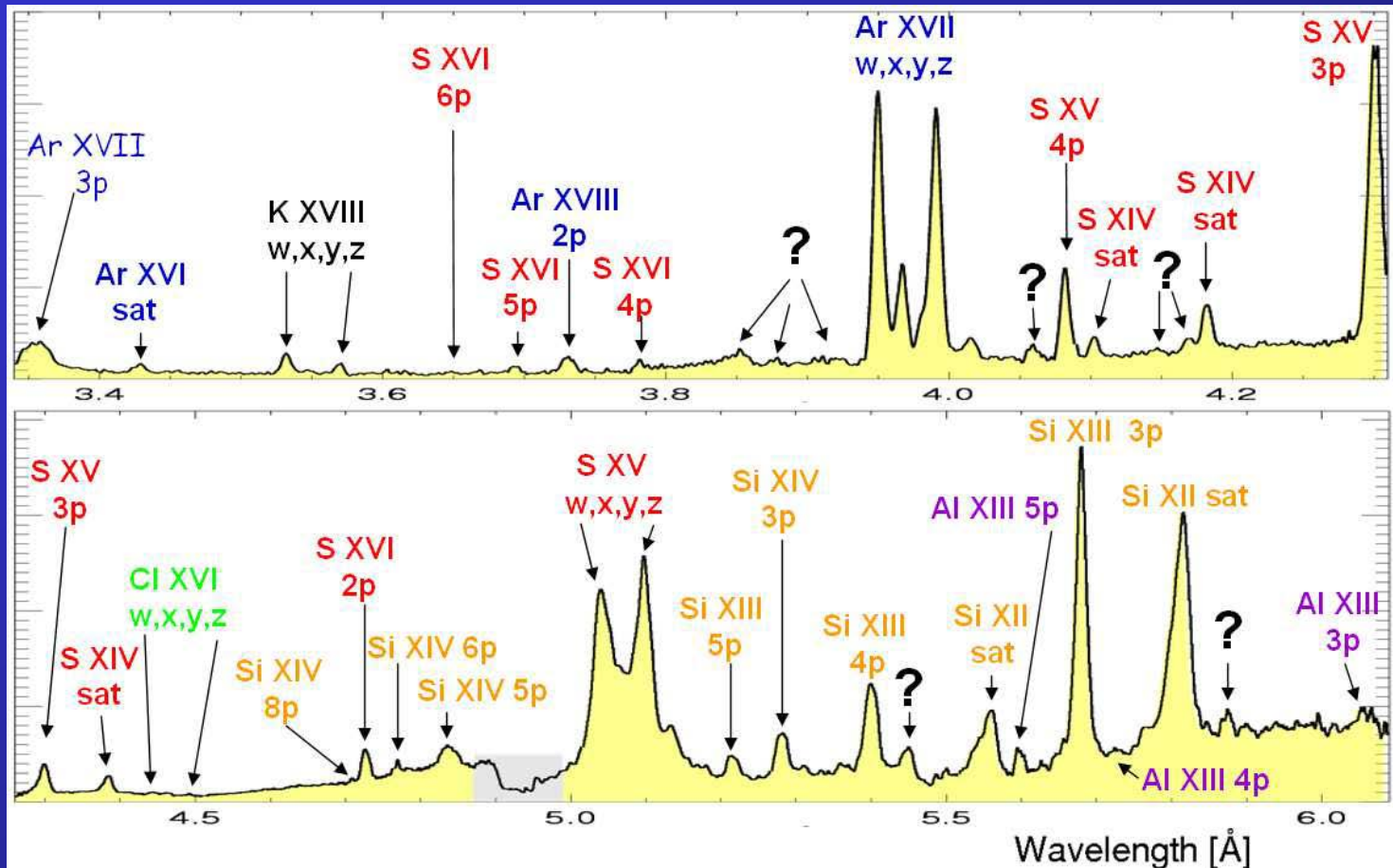
Burze magnetyczne – zorze polarne



Czy Polska się „liczy” ??

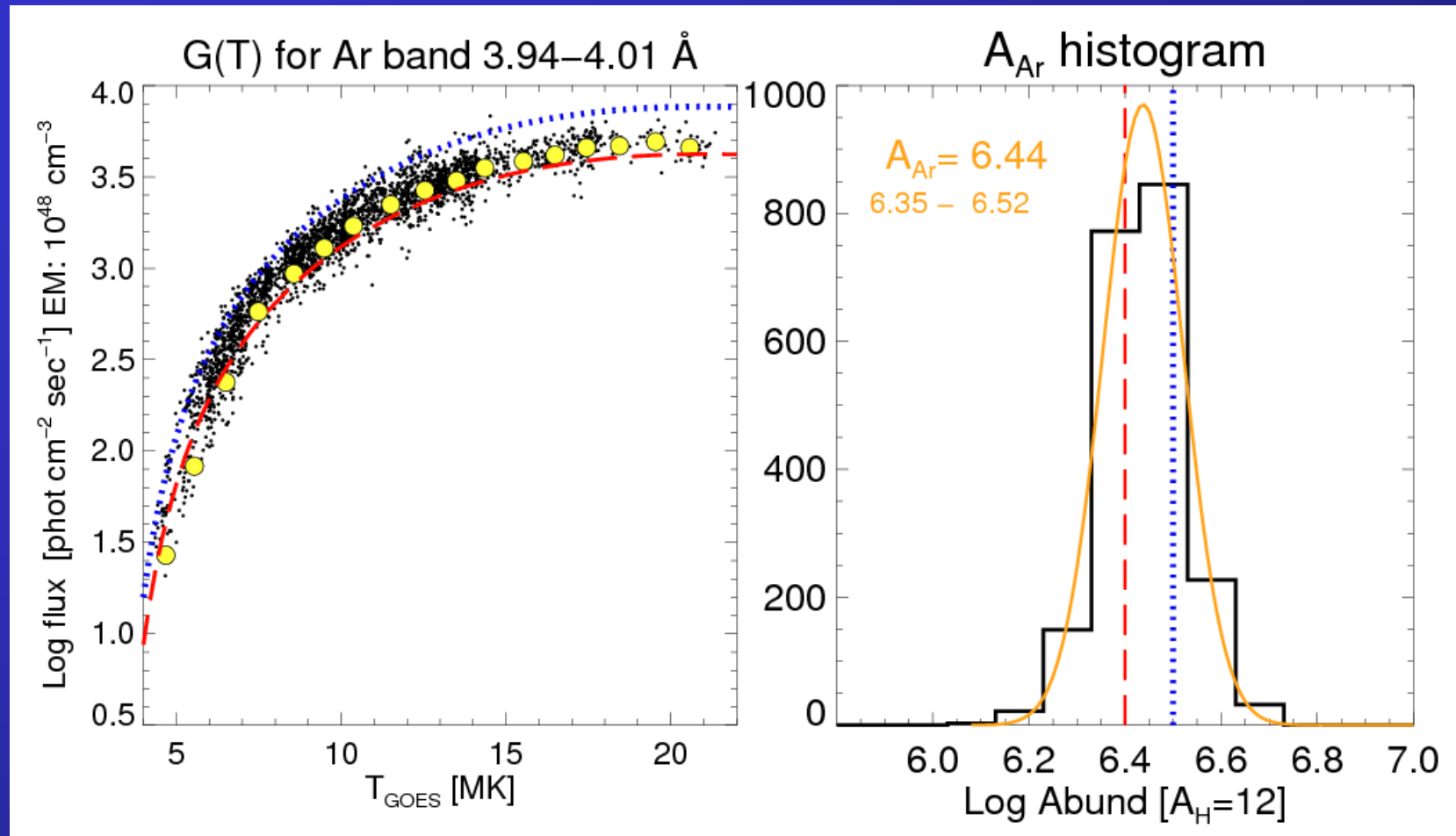
- Satelita Koronas-F (2001-2003)
 - › RESIK
 - › Diogeness
- Satelita Koronas-Foton (2009)
 - › SphinX





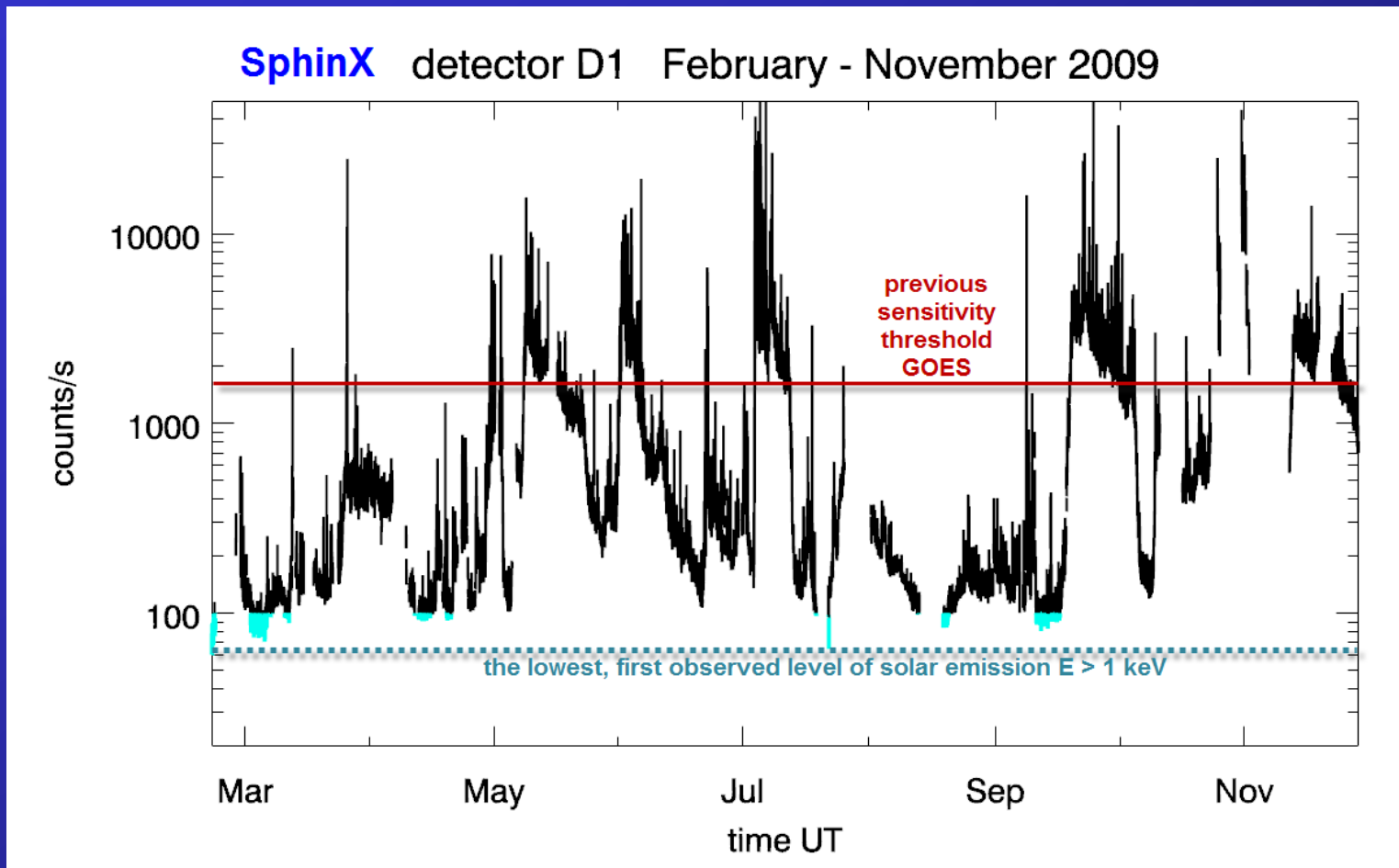
Pierwsze historycznie identyfikacje linii emisyjnych





Pierwsze wyznaczenie obfitości pierwiastka *argon* na Słońcu (2011)





Pierwsze określenie minimalnej jasności rentgenowskiej
Słońca (2011)





- STEREO (NASA - USA)

http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/beacon/beacon_secchi.shtml

- CORONAS-Photon (Roskosmos-Rosja)

<http://www.thesis.lebedev.ru/>

- Hinode (JAXA - Japonia)

<http://sdc.uio.no/sdc/welcome>

- Solar Dynamics Observatory: SDO

- <http://sdo.gsfc.nasa.gov/> !!!!!

- Konieczna pomoc „amatorów” 1.5 TB/dzień



Przykład obserwacji SDO

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>





Przykład stowarzyszonych obserwacji SOHO i SDO

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>



Przyszłe Kosmiczne Obserwatoria Słońca



- **Solar Orbiter (ESA-2017)** z dużym udziałem Polski: CBK
- **Interhelioprobe (Roskosmos-2018)**
Polska ma jedyny „zaproszony” przyrząd
- **Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (moduł rosyjski-2014)**
- **Nano-satelita Cube-sat 3(NASA-2014)**,
we współpracy z Goddard Space Flight Center i Poltechniką w Worcester





Złota dekada badań Słońca

- Obserwujemy struktury o rozmiarach ~100 km – dążymy do 100 m – 10 km.
- Rozpracowujemy szczegóły procesów wydzielania energii z dyssypacji fal i pola magnetycznego.
- Rozwijamy spektroskopie rentgenowską konstruując aparaturę kosmiczną [CBK].

Obraz Słońca wykonany dzisiaj nad ranem za pomocą przyrządu MDI z pokładu SoHO







- Źródło energii
 - - źródło życia
 - - źródło zagrożeń
- Rotacja
 - - wzbudzające się dynamo
 - - hierarchia struktur atmosfery
- Aktywność magnetyczna
 - - pogoda kosmiczna
 - - rosnąca rola prognoz
- Przeciętna gwiazda
 - - typowy układ planetarny
 - - jeden z wielu systemów planetarnych obdarzony życiem?

