



*Dynamika chromosfery  
z obserwacji położeń źródeł HXR.*

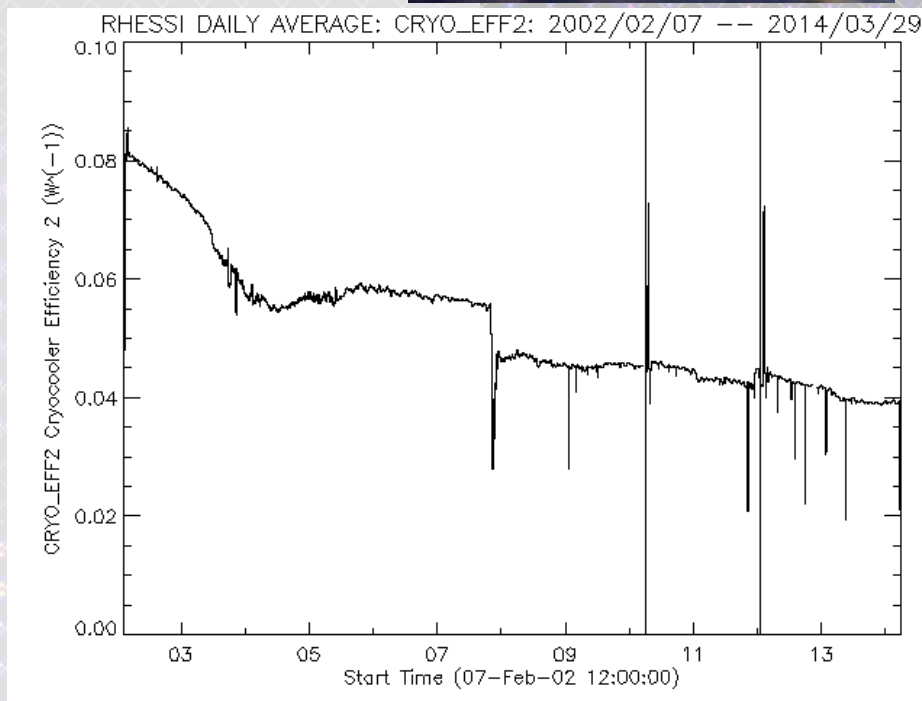
# 13th RHESSI Workshop



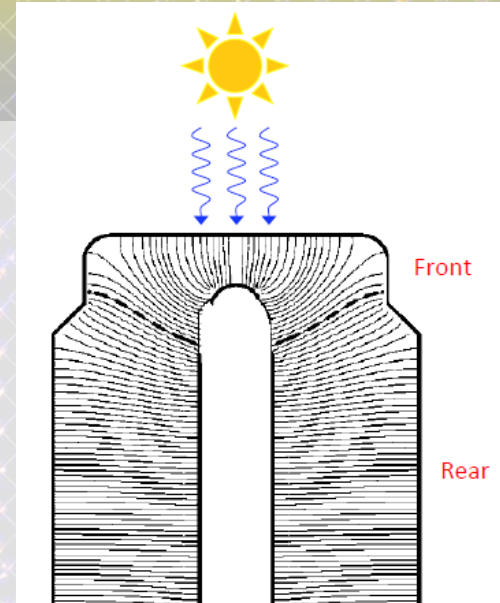
- Wystrzelony 5 lutego 2002 r.
- Początkowa orbita: 600 km kołowa, 38°
- Planowany czas pracy: 2 lata + 3 lata misji rozszerzonej

- 12 lat na orbicie
- Ponad 66 800 orbit
- Ponad 88 000 rozbłysków (7 TB danych)
- Obecna wysokość: 534 x 517 km
- Najwcześniejsze wejście w atmosferę:  
2018 (oczekiwane: 2023)

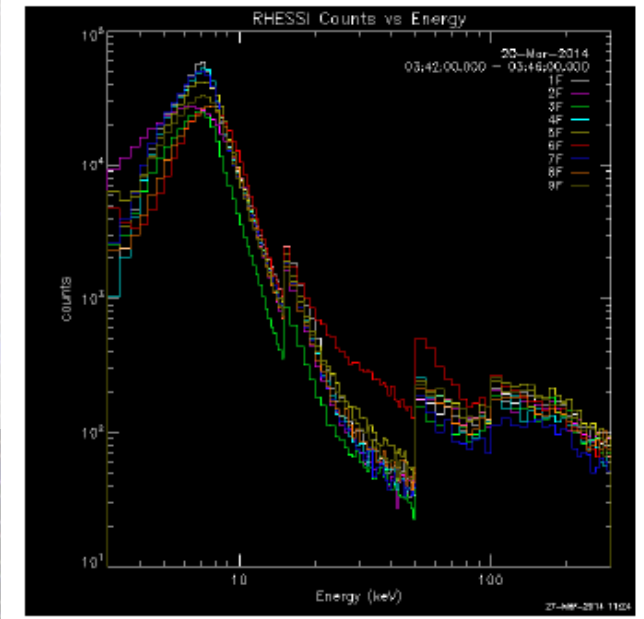
- Wszystkie systemy sprawne
- Systematyczny wzrost temperatury detektorów (z 75 K do 115 K) związany ze spadkiem efektywności układu chłodzącego. 150 K nie zostanie przekroczone przed 2018 r.
- Widoczne systematyczne efekty starzenia się detektorów (spadek efektywności i rozdzielczości, szum)
- Brak widocznych zmian orientacji siatek.

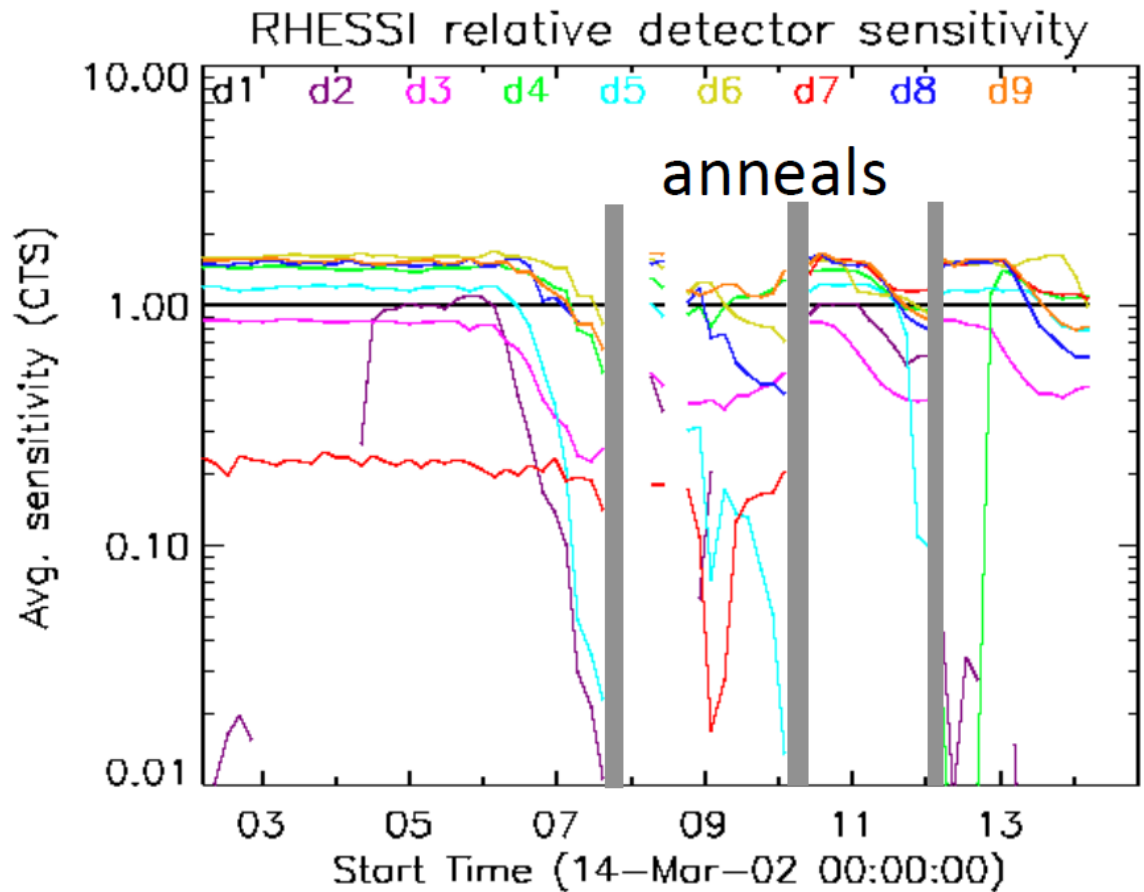


- 9 detektorów germanowych
- Przednia część rejestruje HXR, tylna – promieniowanie  $\gamma$
- Obecnie wszystkie detektory są segmentowane (D2 także)
- Niskoenergetyczne obcięcie na poziomie 3 keV
- Rozdzielczość  $\sim 2$  keV dla energii 10 keV
- Podwyższony szum w detektorze 6
- Starzenie powoduje, że kalibracja może nie być właściwa dla zjawisk zarejestrowanych niedawno. Wymaga uwagi przy analizowaniu „świeżych” danych
- Niektóre detektory są obecnie bardziej wrażliwe na pile-up (zawsze należy porównywać zachowanie poszczególnych detektorów)



M1.7 on 2014 Mar 20





Zliczenia względem przedniej części detektora 1, 6-25 keV

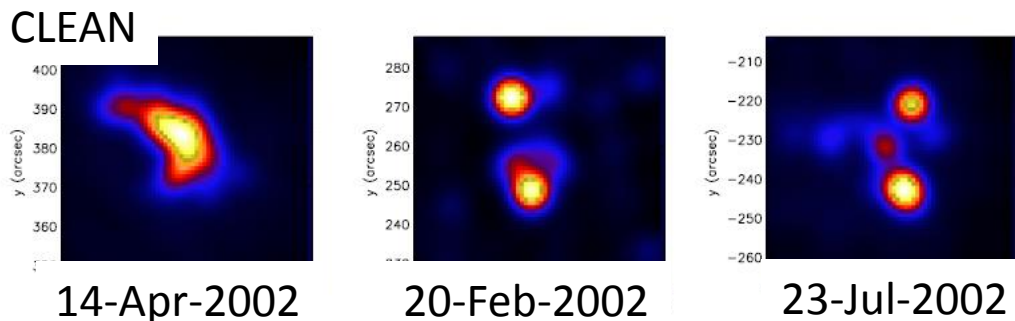
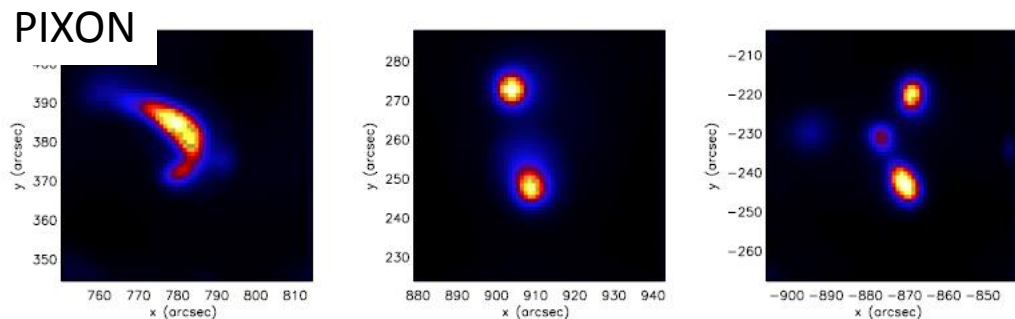
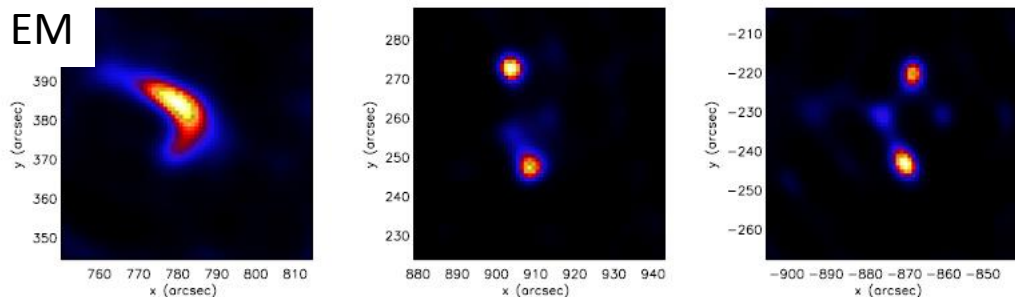
- Wyrzewanie (podniesienie temperatury do 100°C na tydzień) poprawia zachowanie detektorów.
- Powoduje przerwy w danych dochodzące do dwóch miesięcy.
- Dotychczas trzy razy:
  - listopad 2007
  - marzec 2010
  - styczeń 2012
- Następne wyrzewanie w tym roku.

# Oprogramowanie

Nowy algorytm rekonstrukcji obrazów RHESSI: Expectation maximization, EM (maksymalizacja wartości oczekiwanej),

Dempster, A.P. i in. 1977, *J. Roy. Stat. Soc. B*, 39, 1

Benvenuto, F. i in. 2013, *A&A* 555, A61



Inne zmiany:

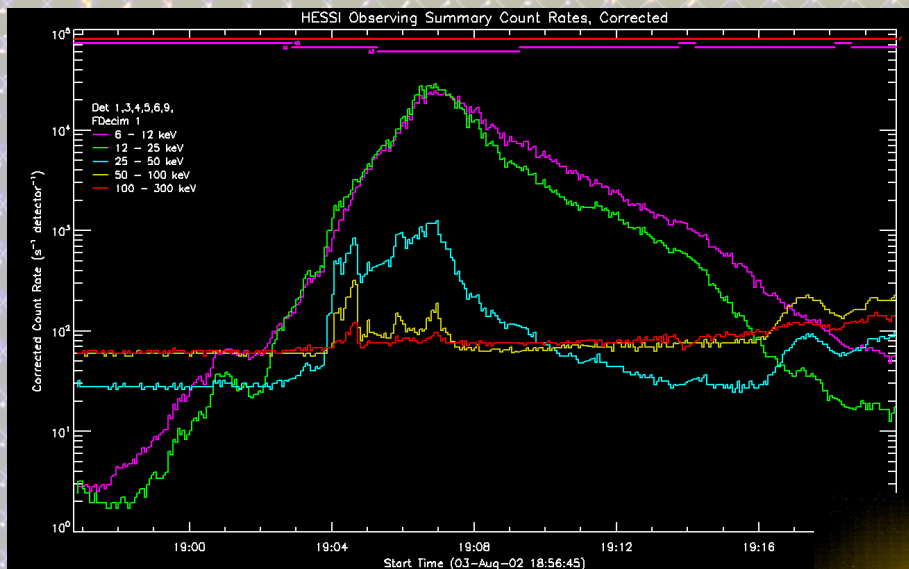
Integracja z danymi Fermi LAT,  
MESSENGER-SAX, SDO (cutout  
database)

Bardziej elastyczna metoda doboru  
tła w OSPEX

W przyszłości:

- lista rozbłysków z linkami HTML
- Visibility CLEAN
- CLEAN Multiscale

3-Aug-2002

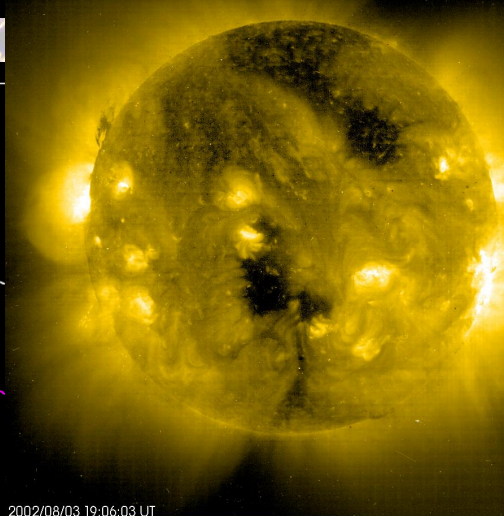
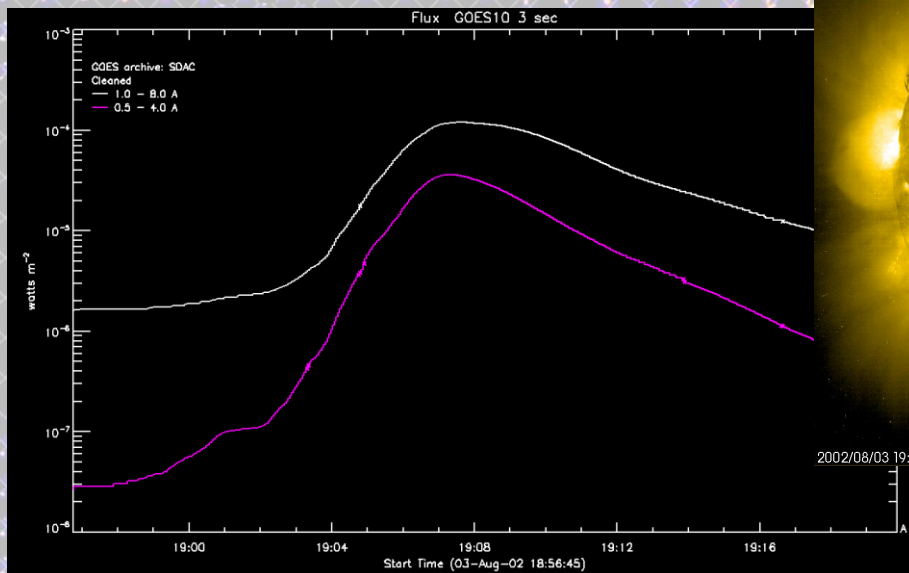


klasa GOES: X1.5

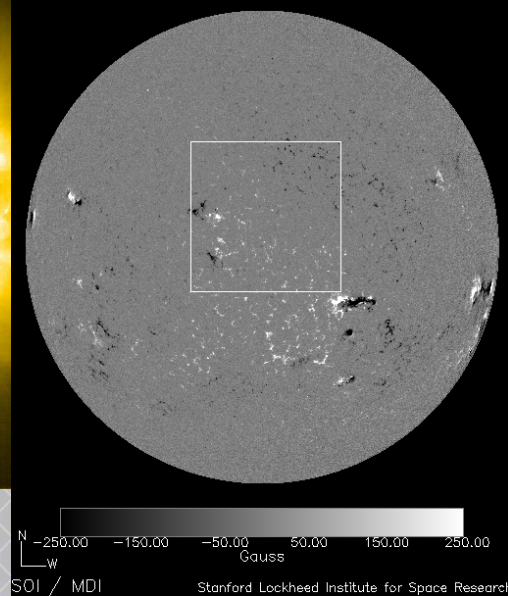
współrzędne: S15W70

Obserwacje:

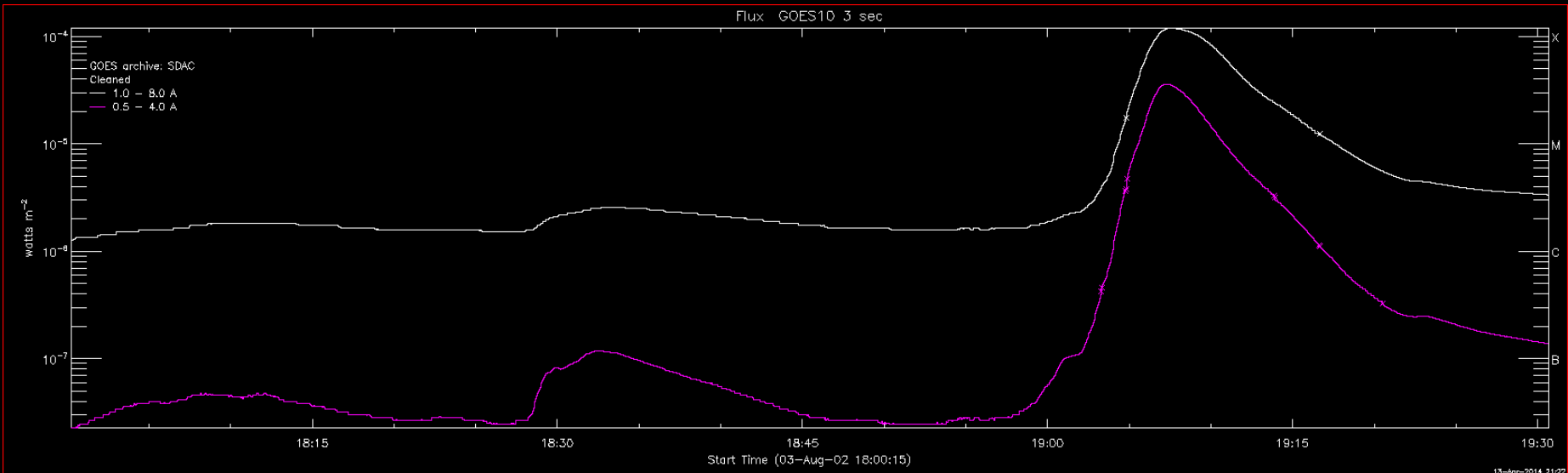
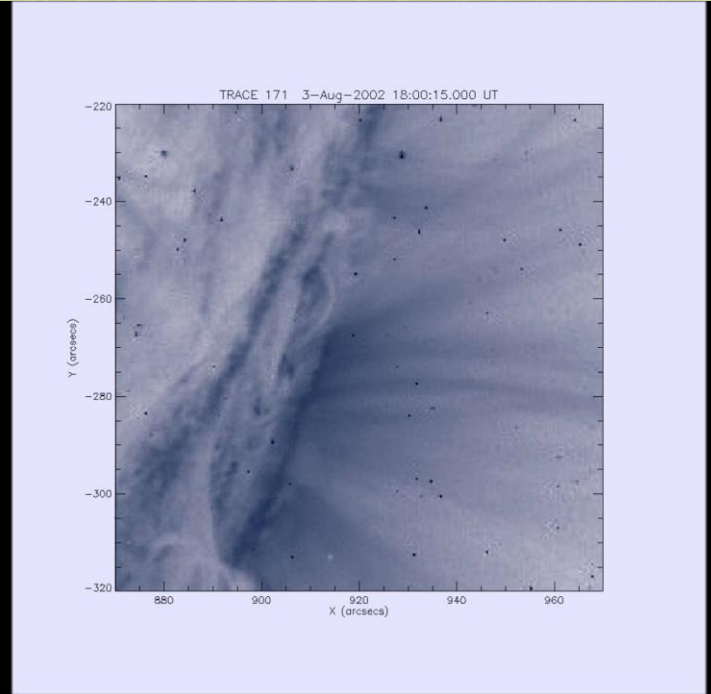
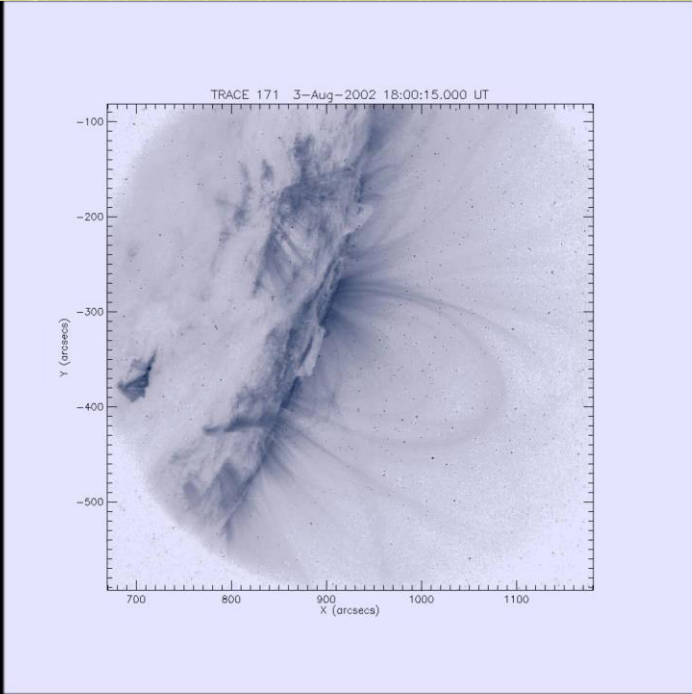
- TRACE (171 Å, kadencja 30 s)
- RESIK (2.05 – 3.65 keV)
- RHESSI (całe zjawisko)
- SOHO
- BigBear



SOHO/MDI Magnetogram  
3-Aug-2002 19:29

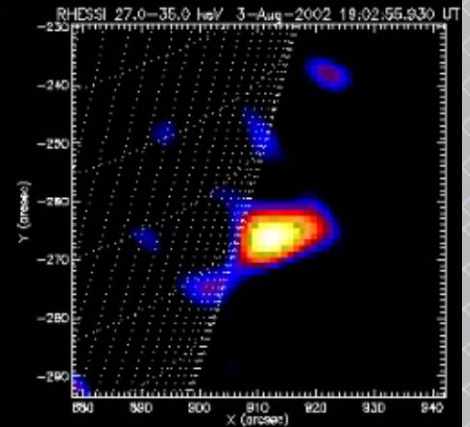
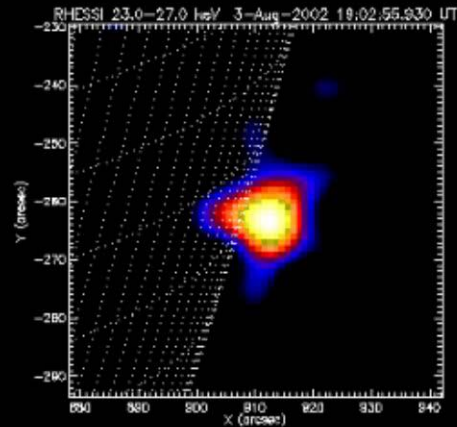
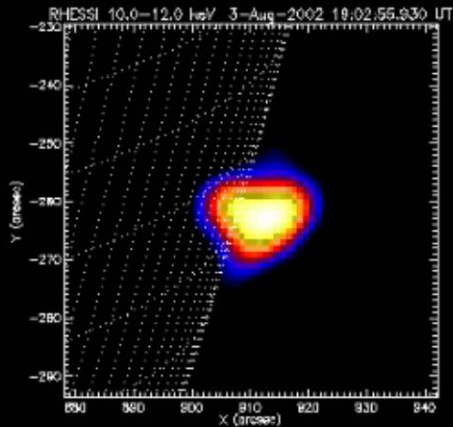
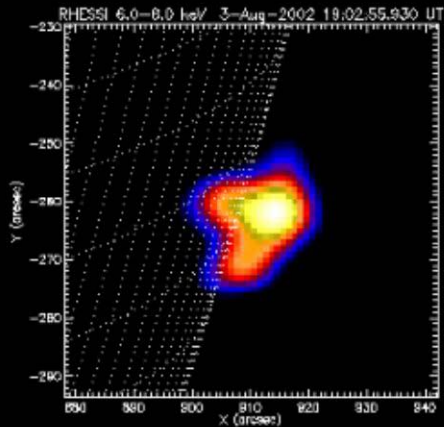
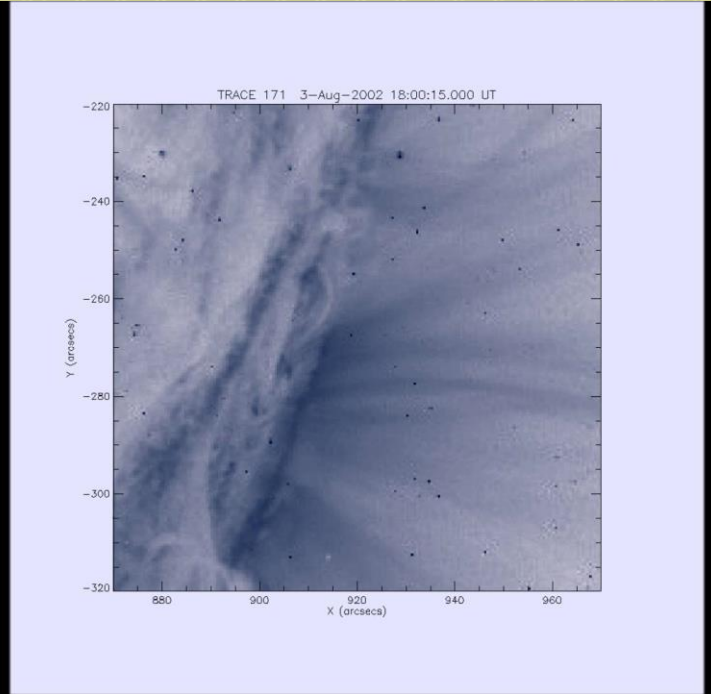
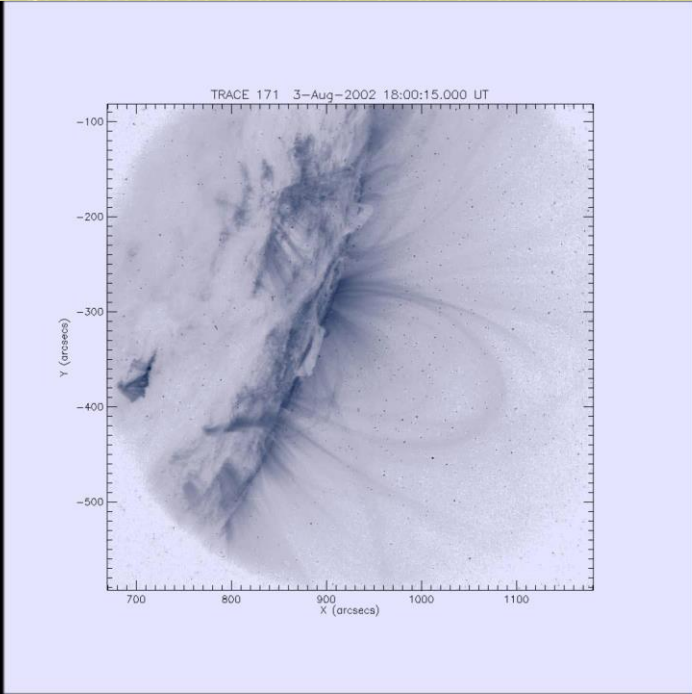


3-Aug-2002

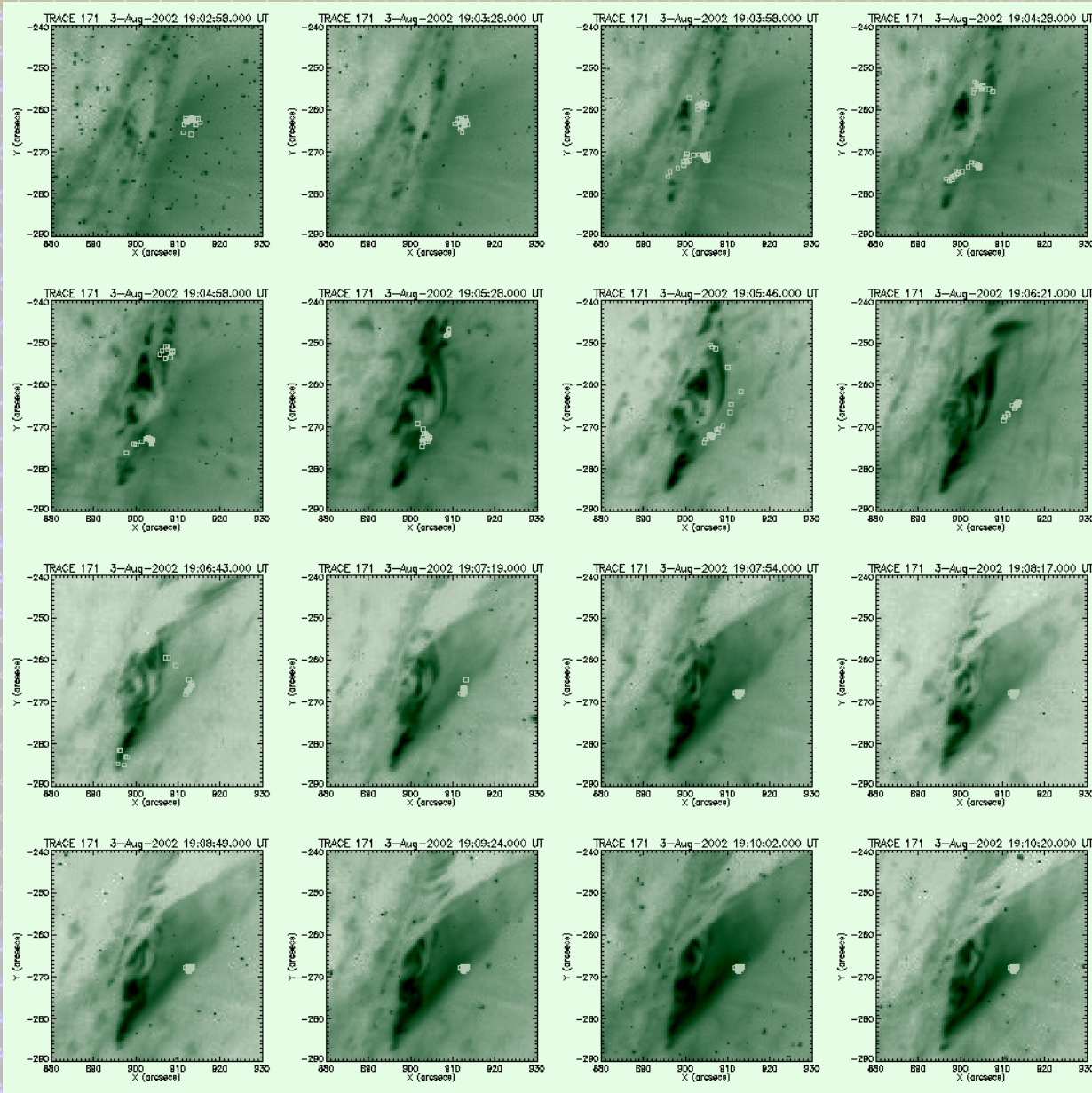




3-Aug-2002



3-Aug-2002

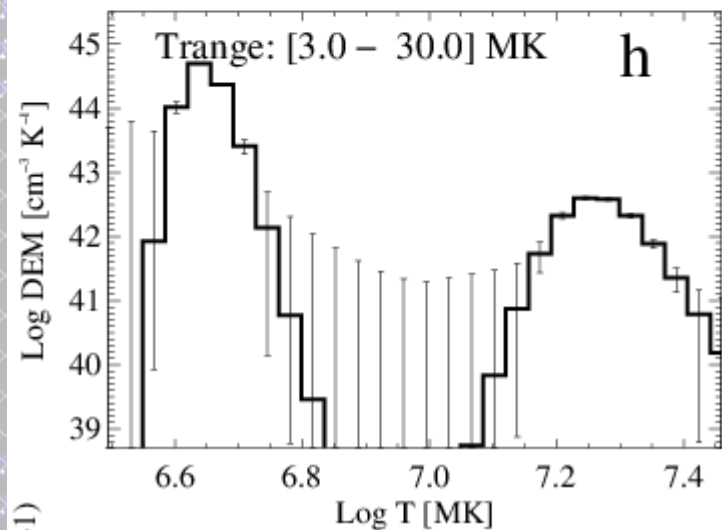
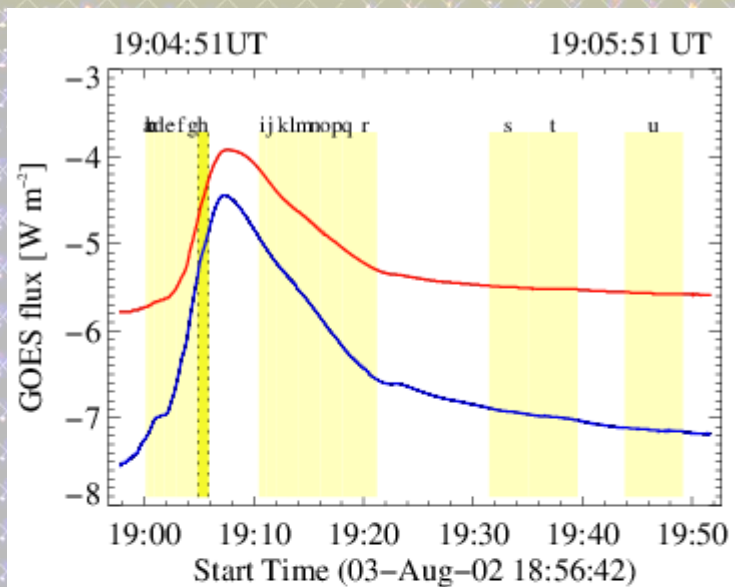


W pierwszych minutach zjawiska widoczne źródło w koronie.

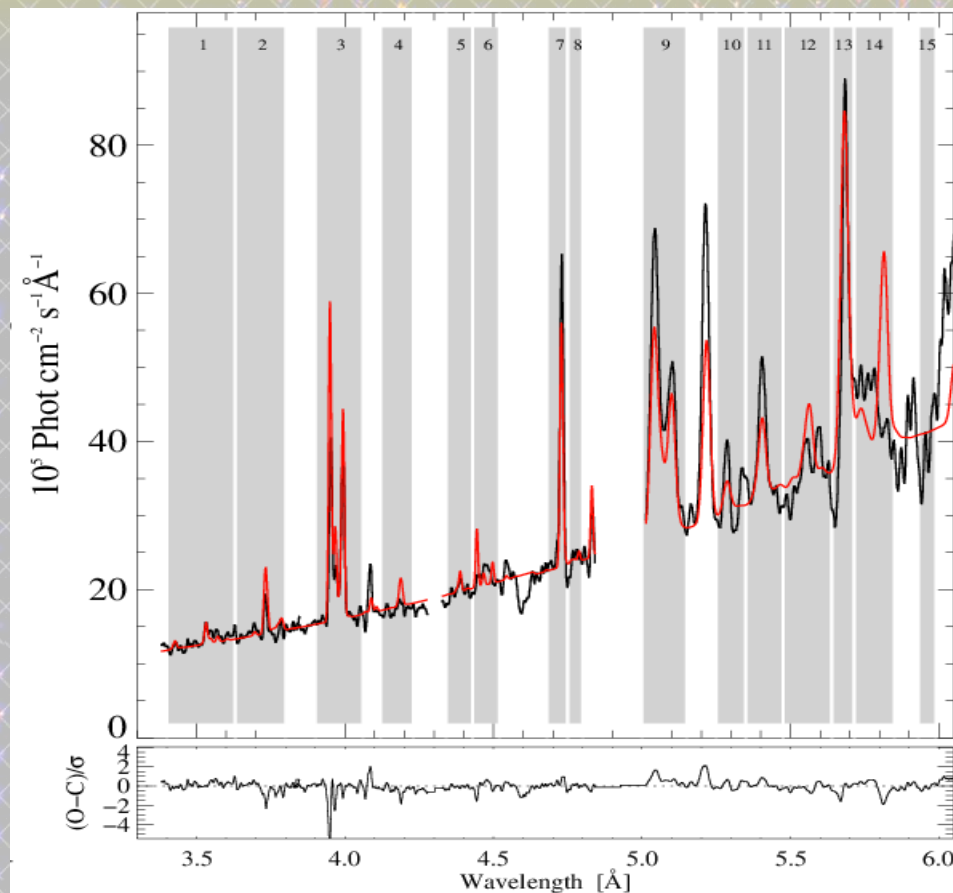
Stopy zaczynają być widoczne od ~19:04 UT

Wyraźna korelacja źródeł HXR z emisją EUV

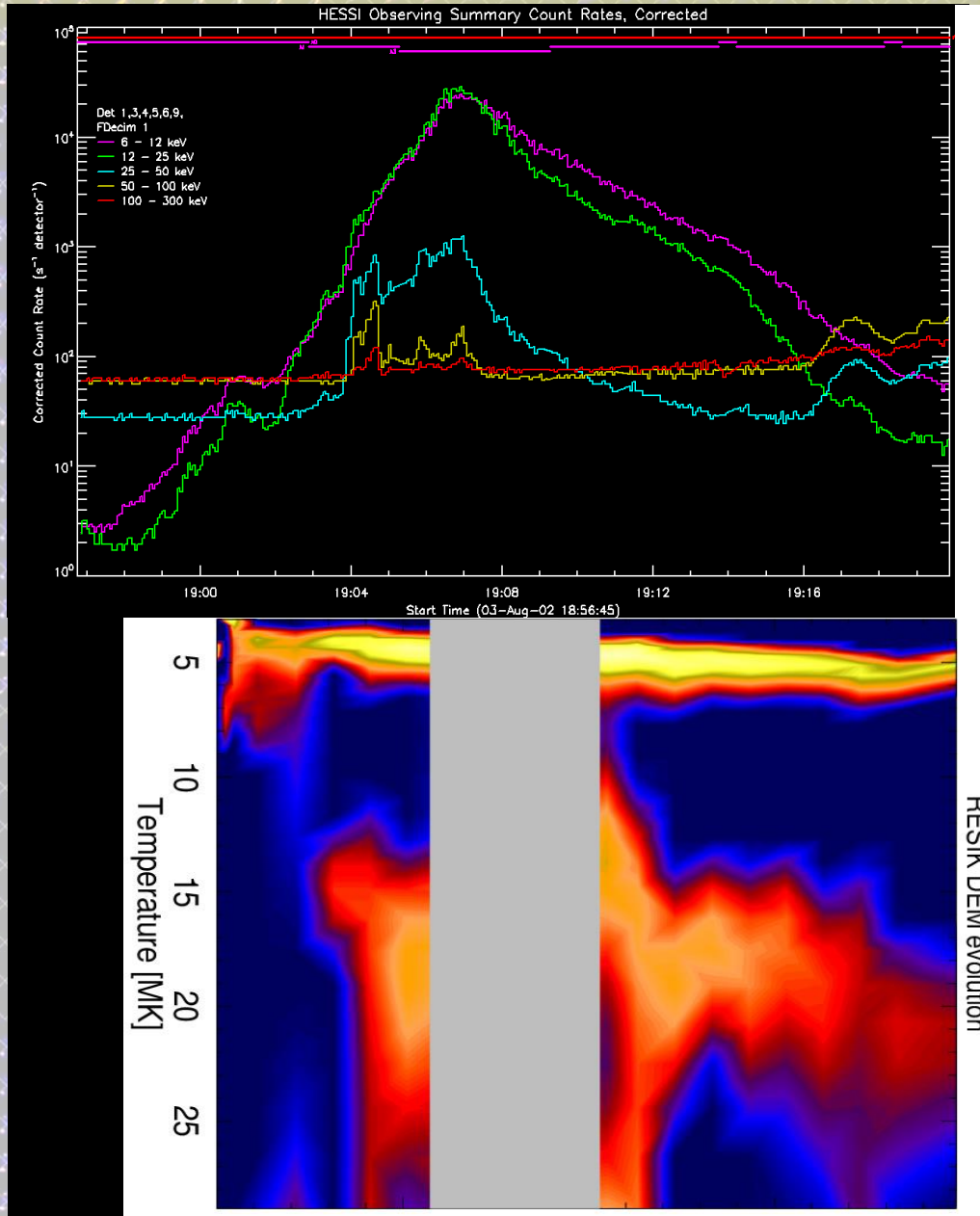
Od ~19:07 UT znów widoczne tylko źródło koronalne.



+1)



Wyraźnie wyodrębnione dwa składniki w DEM



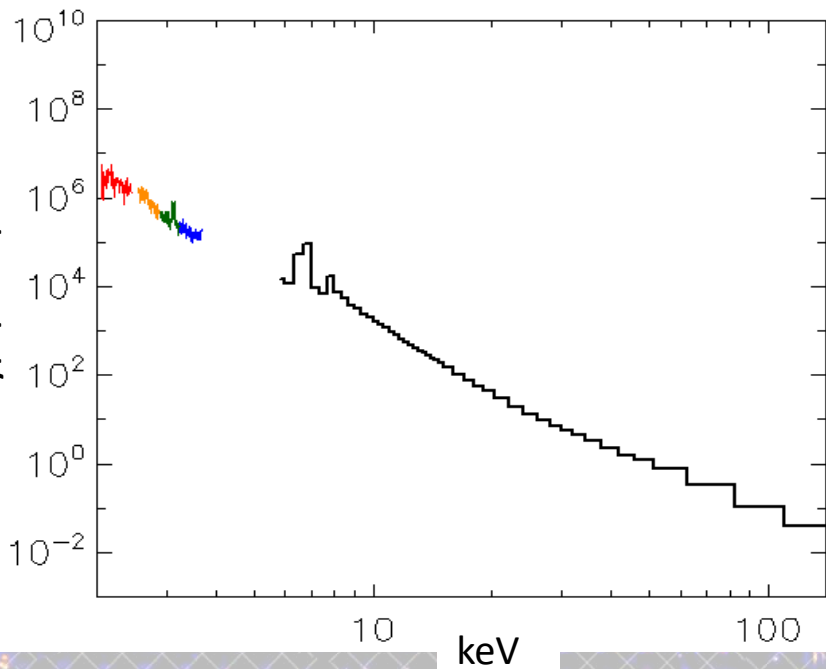
Podczas maksimum (RHESSI) sygnał z detektorów RESIK był przesaturowany.

Gorący składnik widoczny od ~19:03 UT.

Ciepły składnik widoczny cały czas.

Porównanie danych może być zrobione przed 19:03 UT, kiedy w RHESSI nie było jeszcze wsuniętych przesłon.

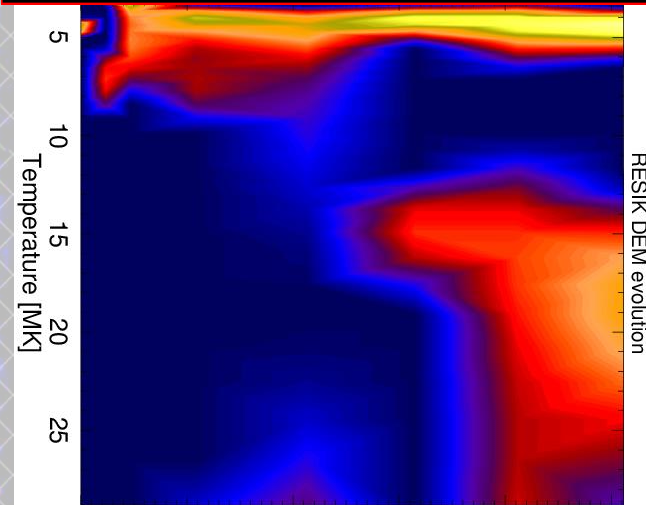
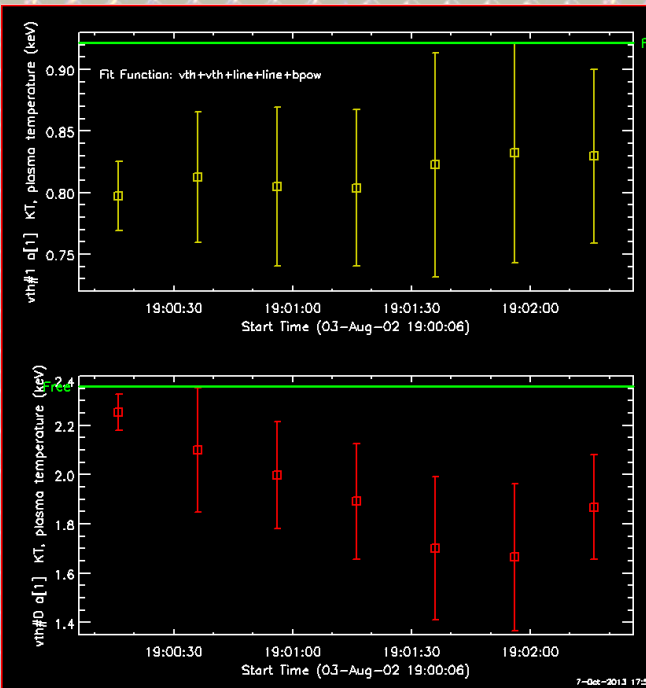
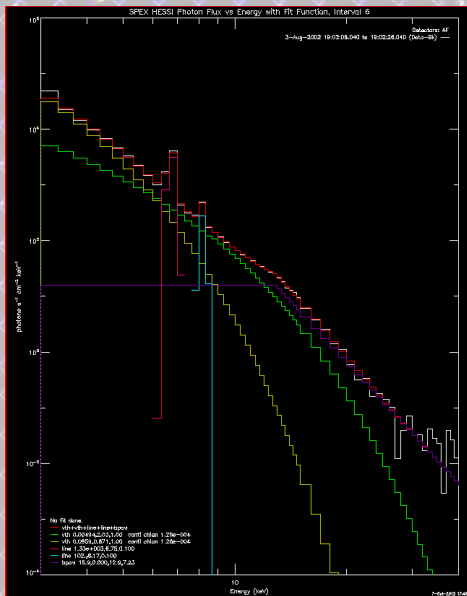
fotony/s/cm<sup>2</sup>/keV



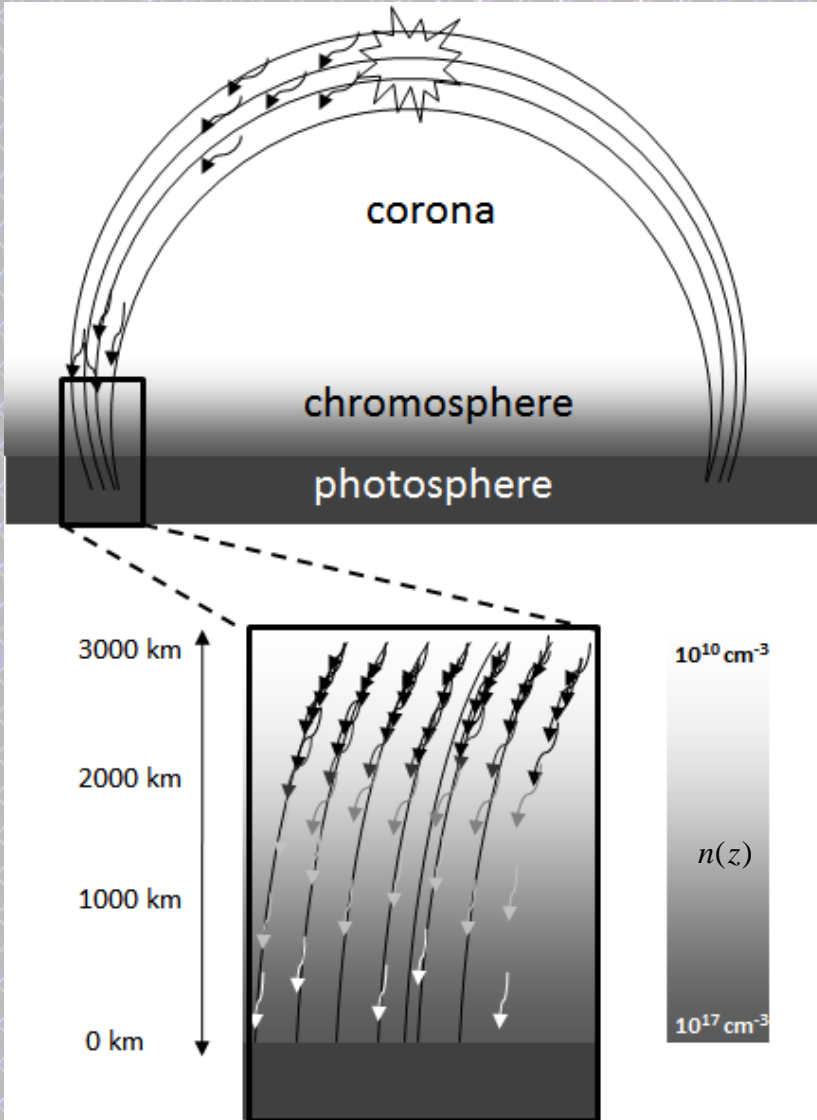
## Składniki w widmie RHESSI:

- 2 x termiczny
- 2 x gausoida
- potęgowy

Temperatury z RHESSI są nieco wyższe niż odpowiednie składniki widoczne w RESIK



# Zależność energia-wysokość



*Brown, J., 1971, Sol. Phys., 18, 489*  
*Brown, J. and McClymont, A.N. 1976, Sol. Phys., 49, 329*  
*Brown, J et al., 2002, Sol. Phys., 210, 373*

$$E(E_0, N) = (E_0^2 - 2KN)^{1/2}$$



$$N_s(E_0) = \frac{E_0^2}{2K}$$

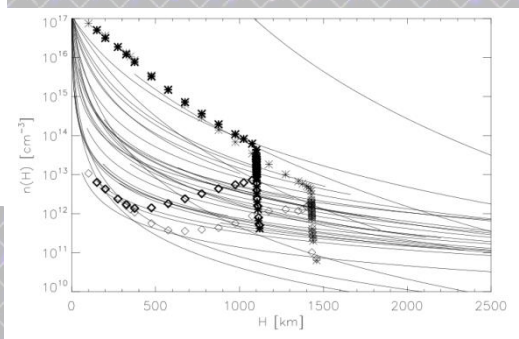
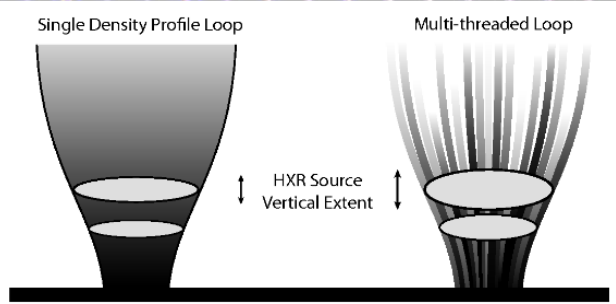
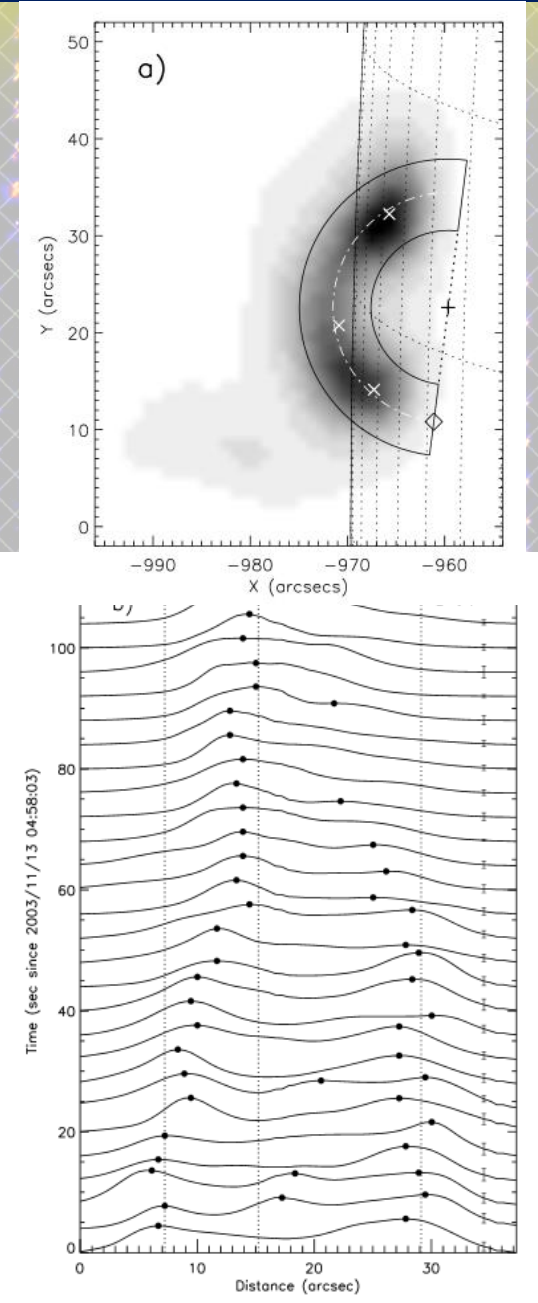
$$N_s(z) = \int_z^{z_{\max}} n(z') dz'$$



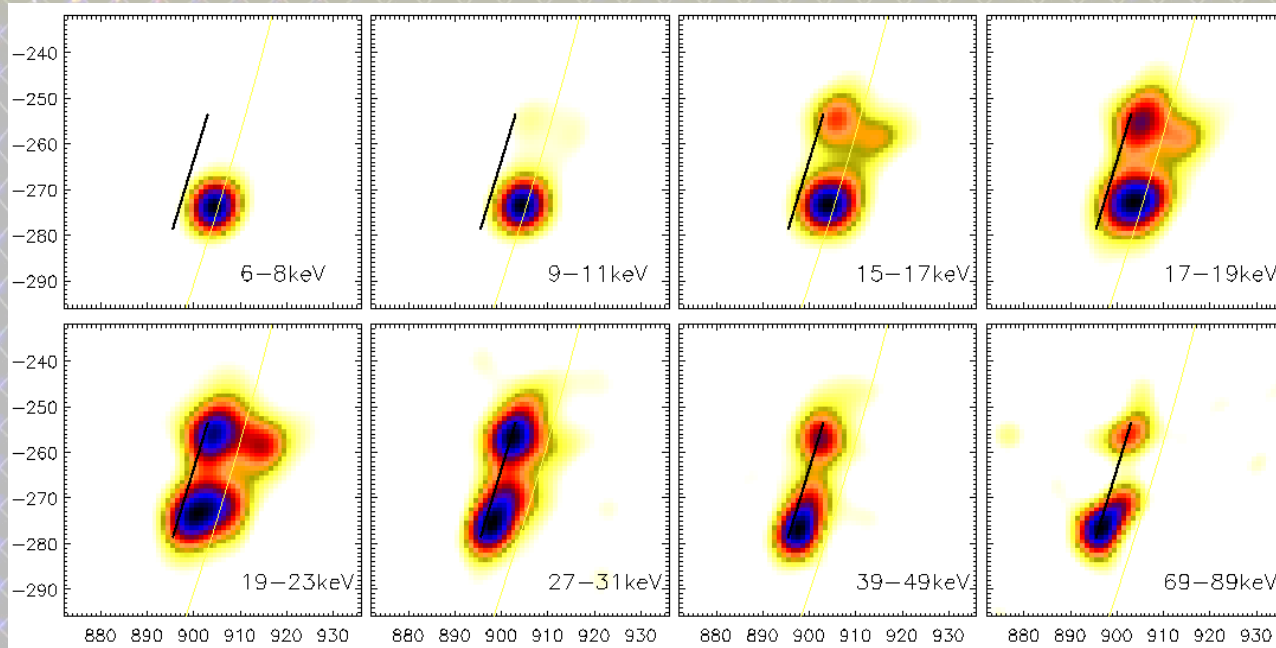
$$n(z)$$

# Zależność energia-wysokość

- Takakura, K. et al. 1987, *Sol. Phys.* 107, 109  
 Matsushita, K. et al. 1992, *Publ. Astron. Soc. Japan* 44, L89  
 Aschwanden, et al. 2002, *Sol. Phys.*, 210, 373  
 Brown, J et al., 2002, *Sol. Phys.*, 210, 373  
 Liu, W. et al. 2006, *ApJL* 649, 1124  
 Mrozek, T. 2006, *Adv. in Space Res.* 38, 962  
 Kontar, E. P. et al. 2010, *ApJ* 717, 250  
 Mrozek, T. & Kowalczyk, J. 2010, *CEAB* 34, 73  
 Battaglia, M. & Kontar, E.P. 2011, *A&A* 2011, 2B  
 Battaglia, M. & Kontar, E.P. 2011, *ApJ* 735, 42  
 Battaglia, M. et al. 2012, *ApJ* 752, 4B  
 O'Flannagain, A.M. et al. 2013, *A&A* 555, A21

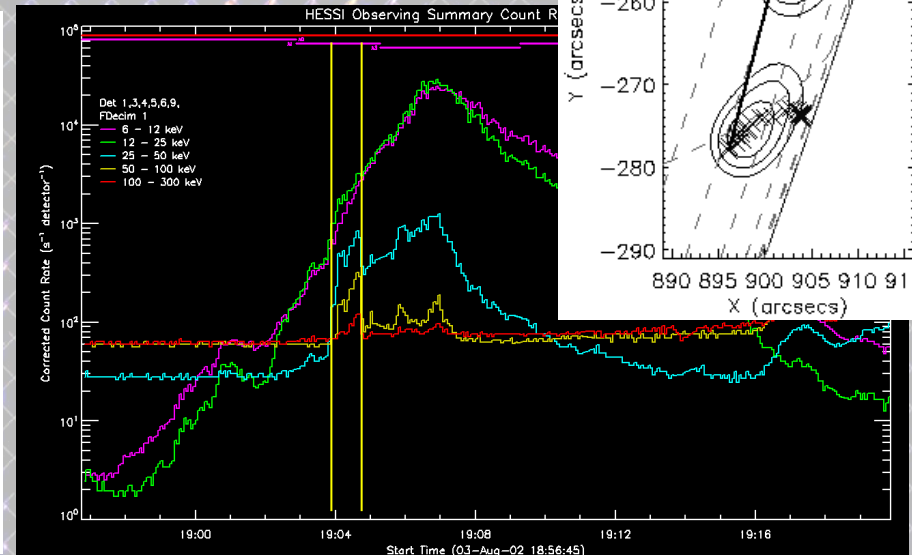
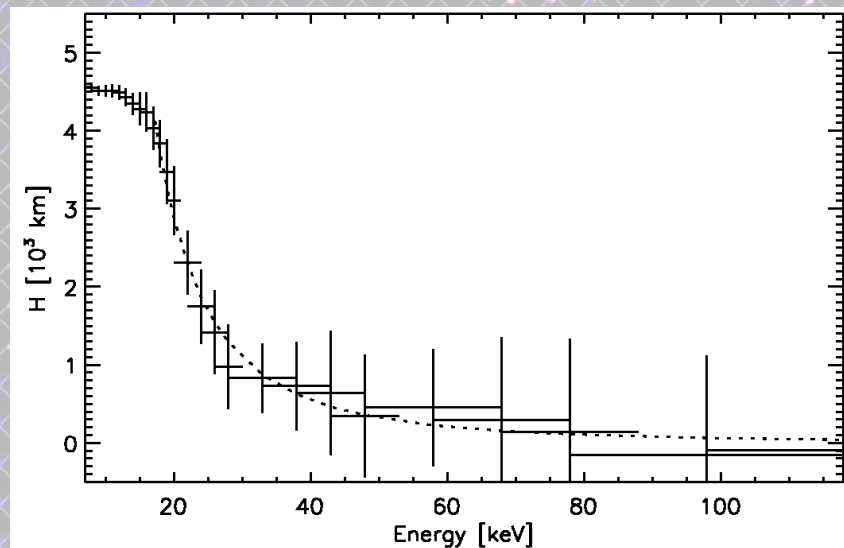


# RHESSI: zależność energia-wysokość



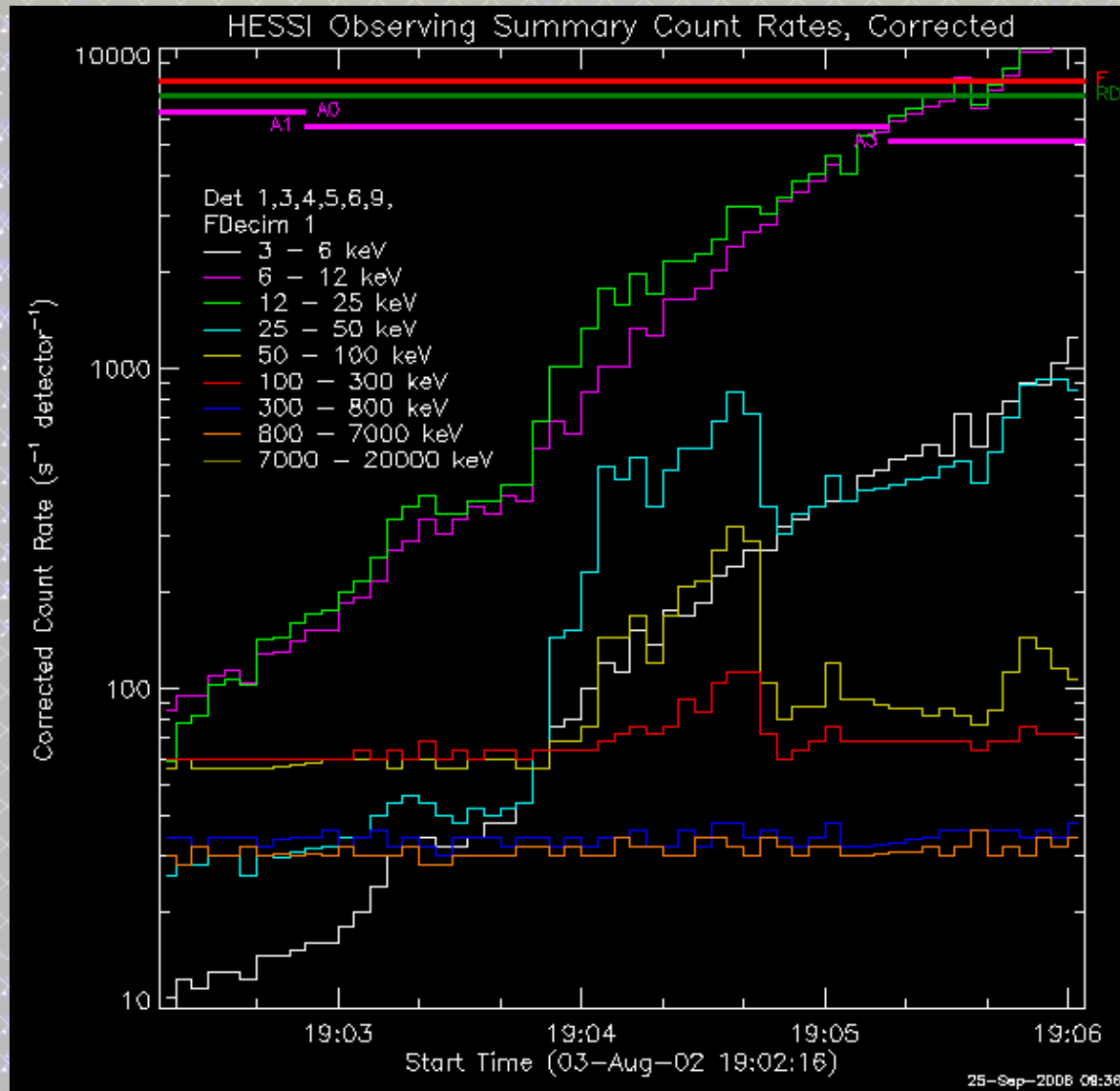
Silny impuls HXR:  
19:04 – 19:05 UT

Poziom odniesienia  
zdefiniowany przez  
źródła o najwyższej  
energii.





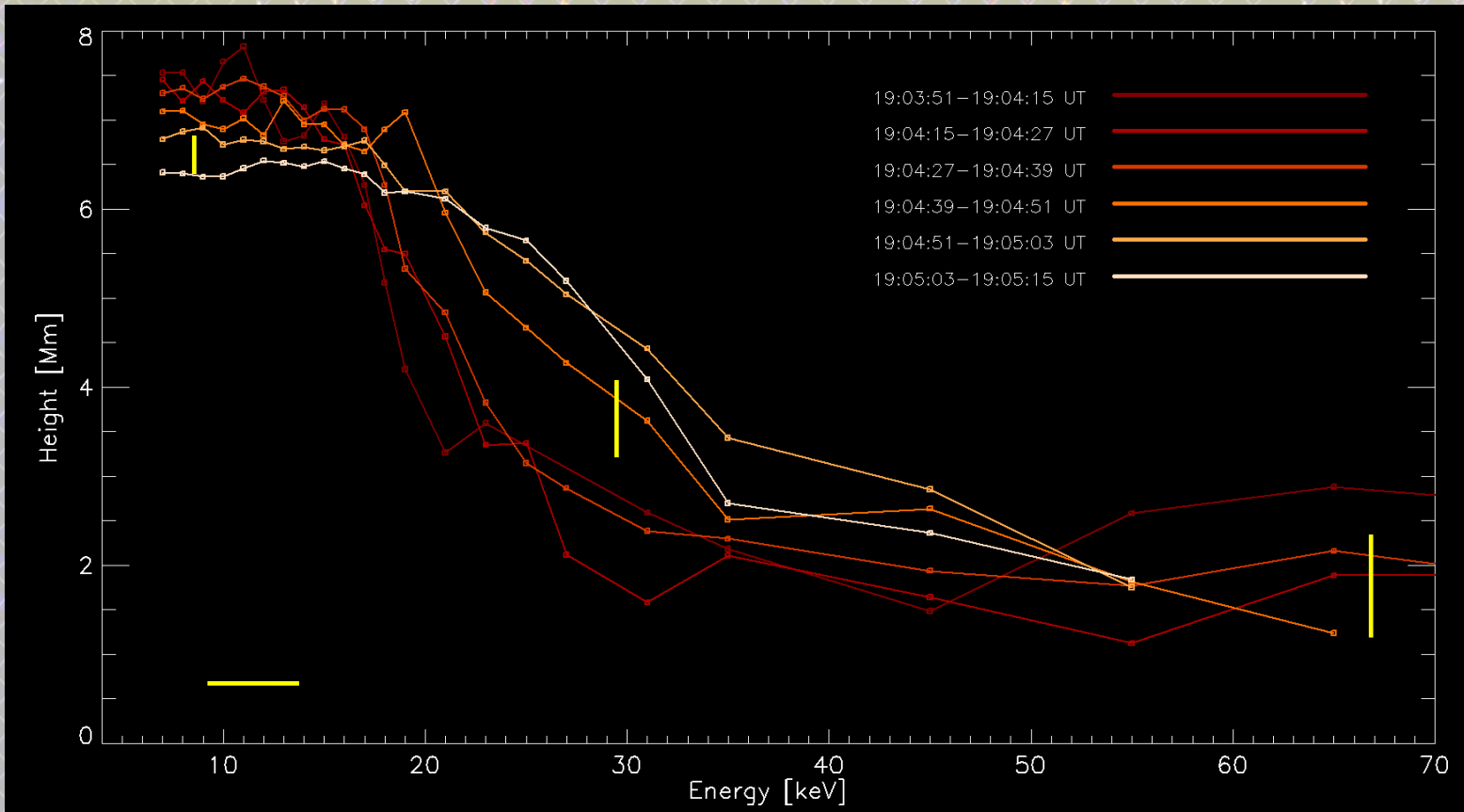
## RHESSI: zależność energia-wysokość



Najsilniejszy impuls został podzielony na sześć przedziałów.

W ten sposób uzyskane zależności E-H pozwalają prześledzić ewolucję w czasie.

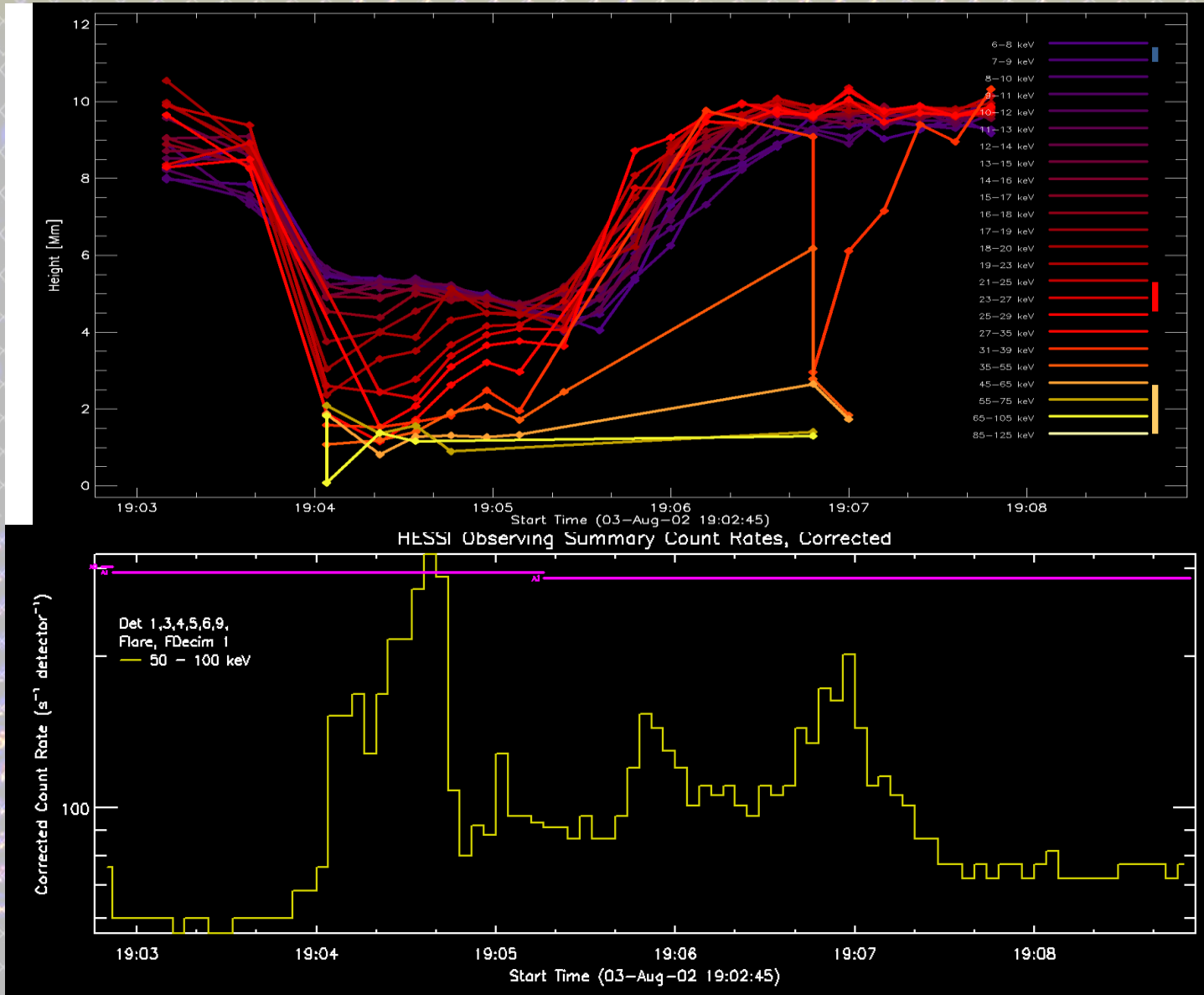
# RHESSI: zależność energia-wysokość



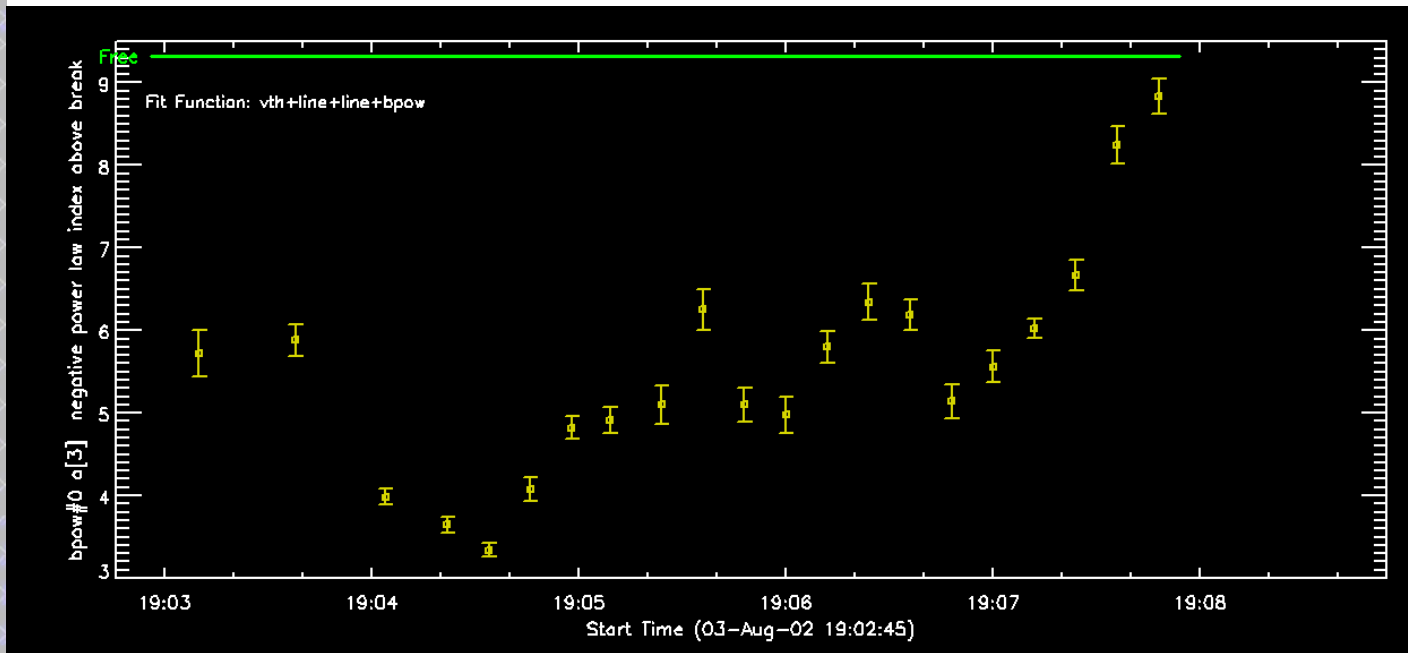
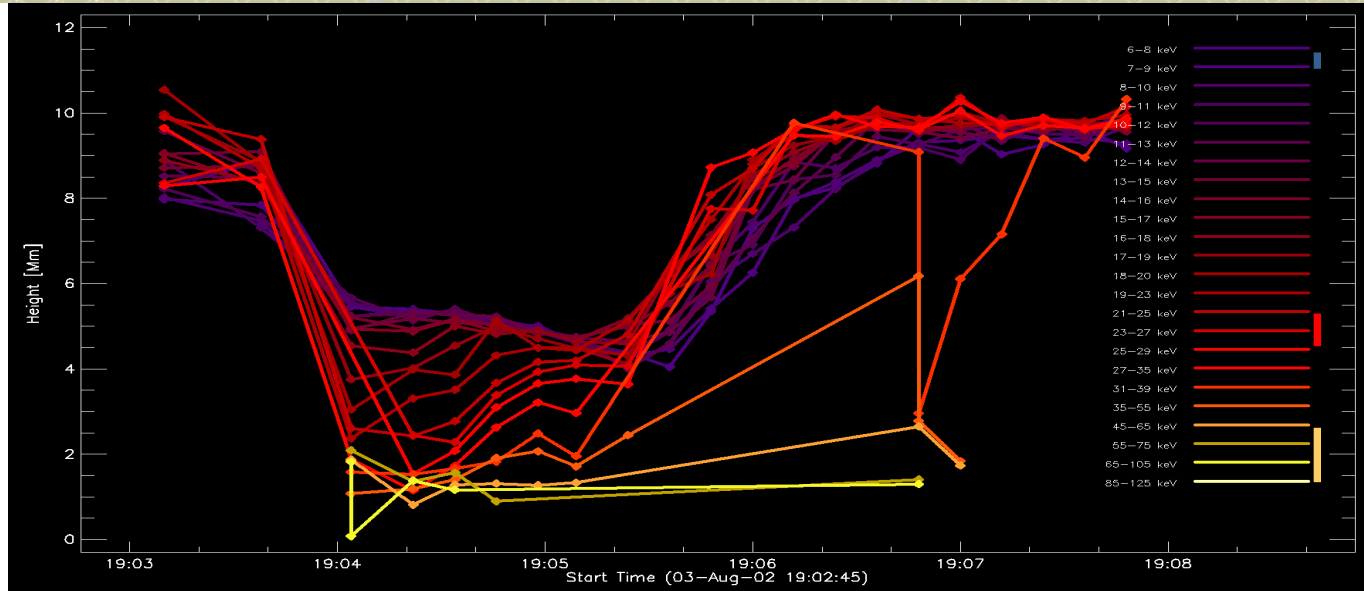
Obserwowane zmiany mogą wynikać ze zmian gęstości kolumnowej i nachylenia widma.

$$\frac{dI}{dz} \sim (\delta - 1) \frac{1}{\varepsilon} \left( \frac{E_1^2}{2K} \right)^{\frac{\delta}{2}} N^{1+a-\frac{\delta}{2}} B \left( \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon^2}{2KN(z)}}, \frac{\delta}{2}, \frac{1}{2} \right)$$

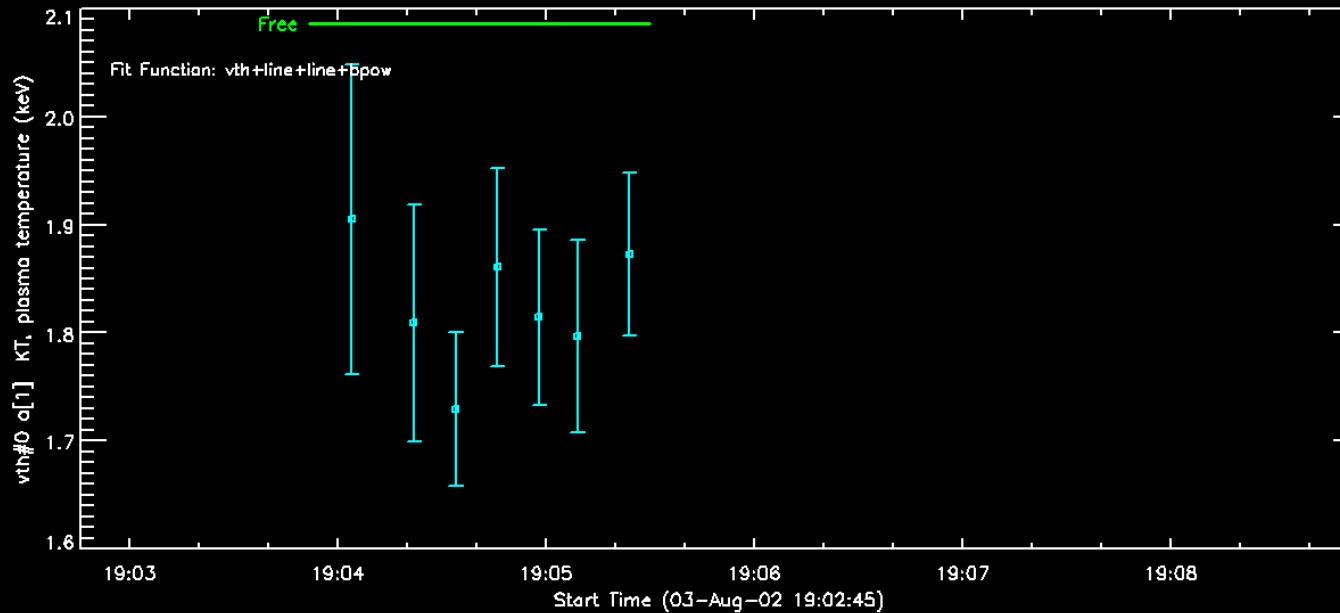
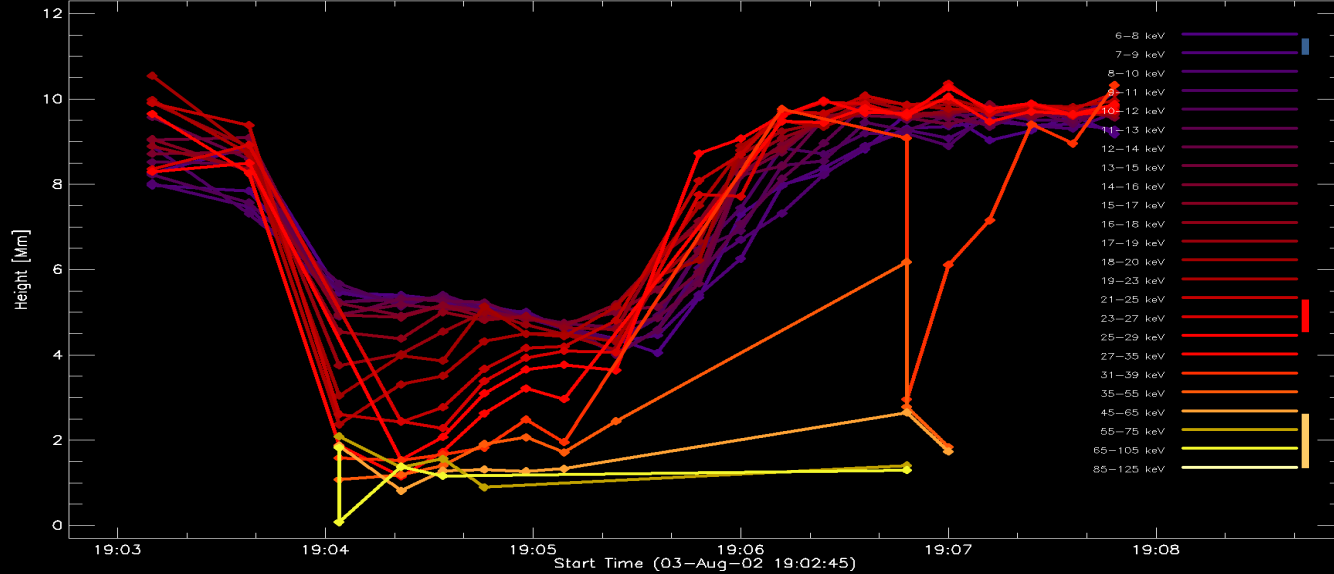
# RHESSI: zmiany położeń źródeł



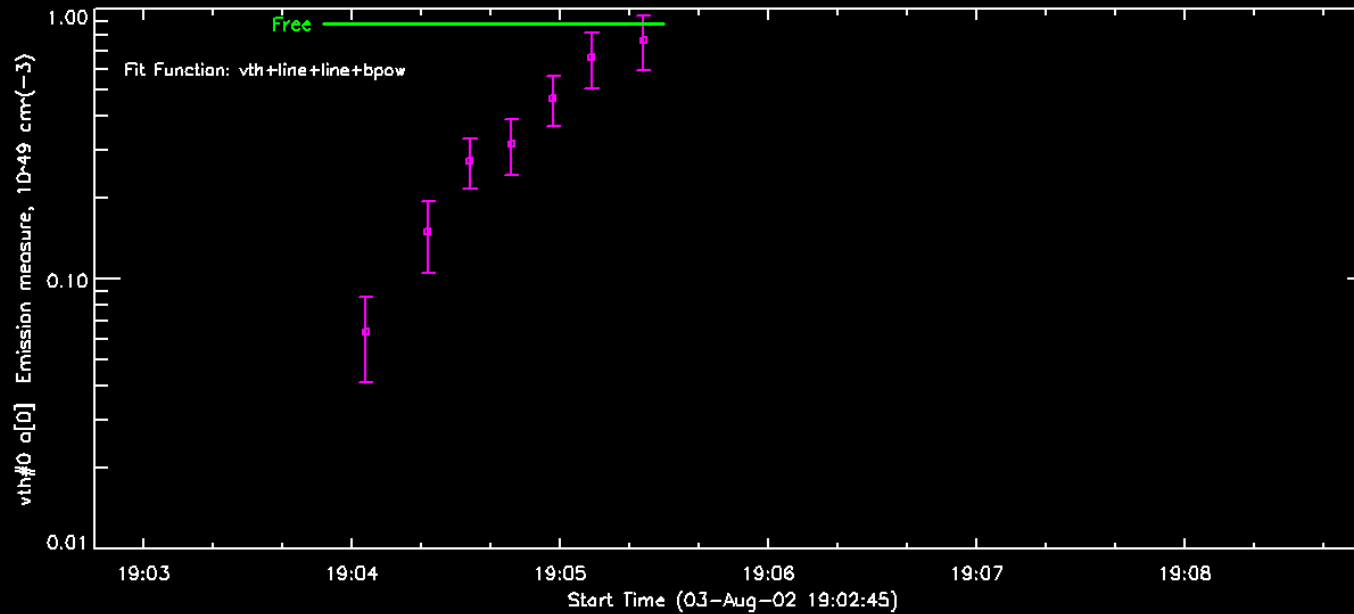
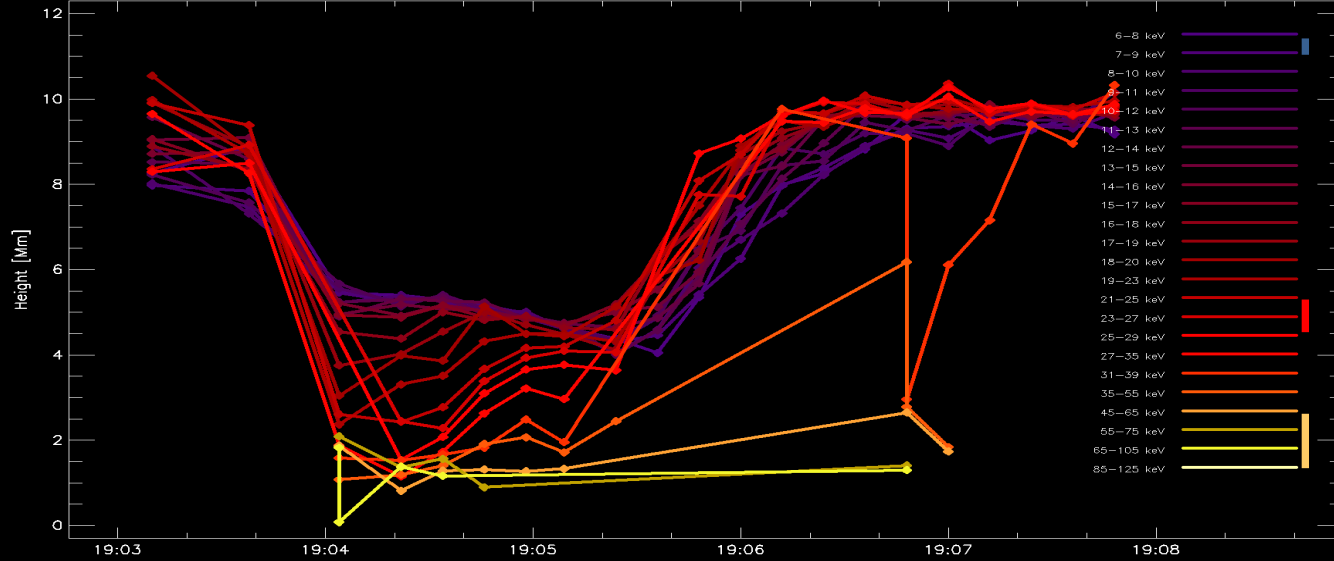
# RHESSI: zmiany położenia źródeł



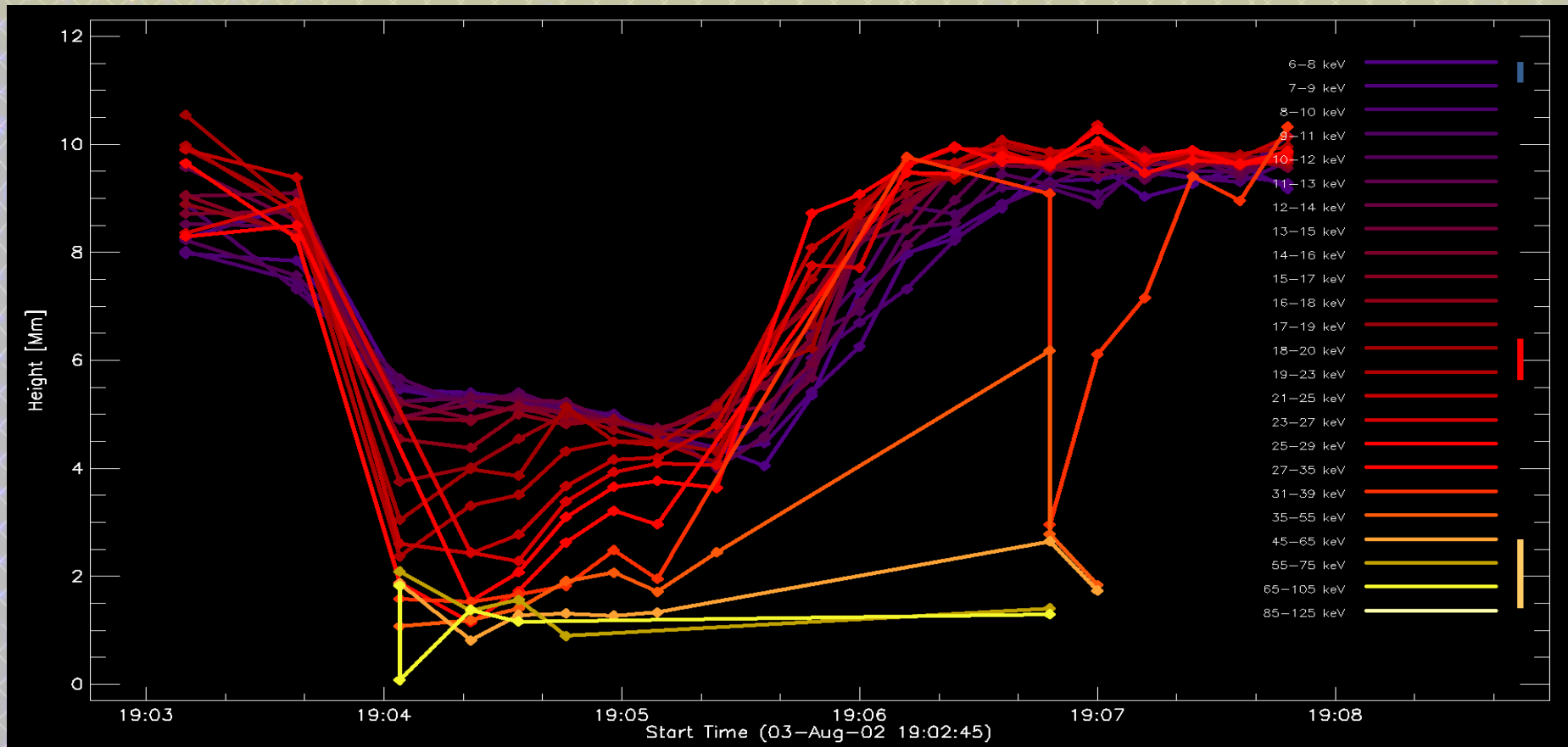
# RHESSI: zmiany położenia źródeł



# RHESSI: zmiany położeń źródeł



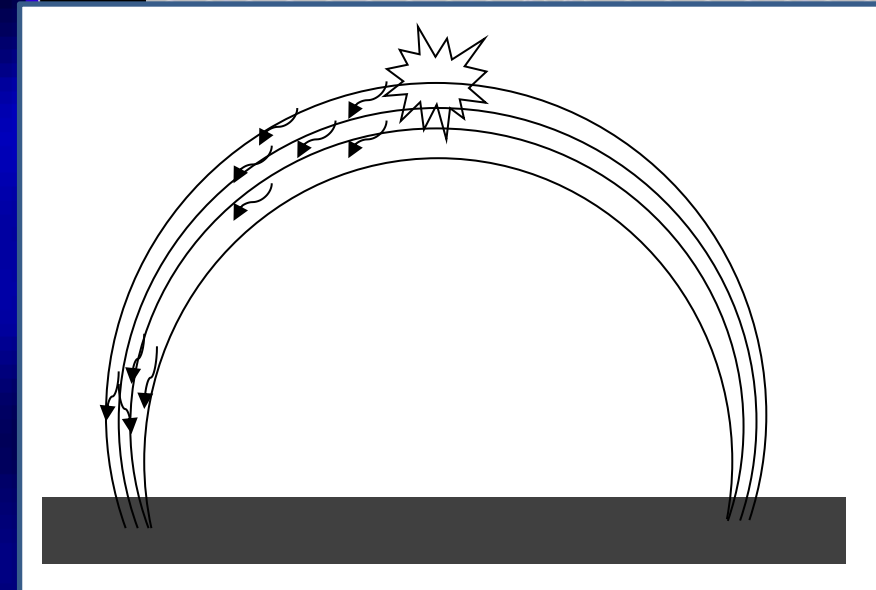
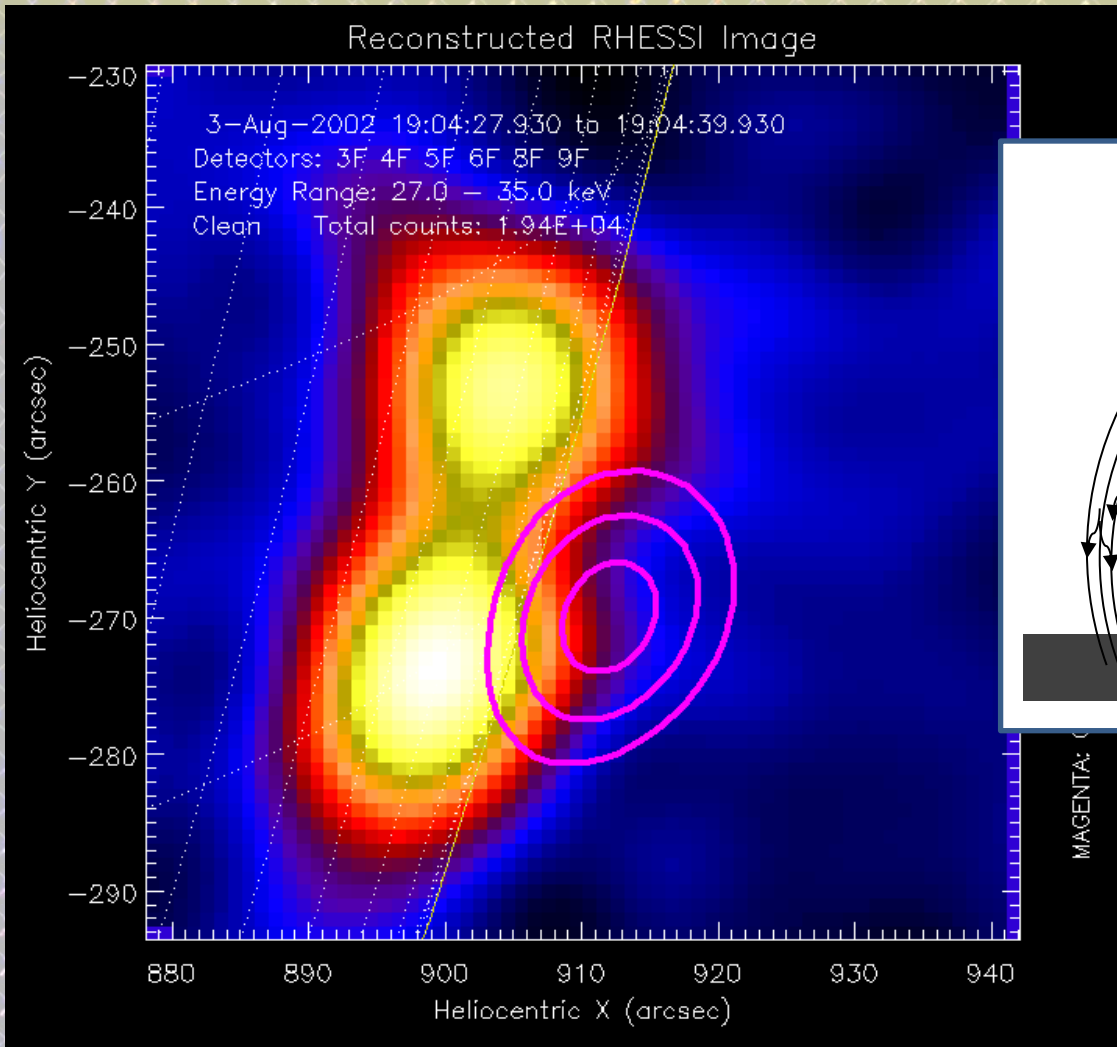
## RHESSI: zmiany położenia źródeł



Trzy fazy:

1. Wczesna – pojedyncze źródło w koronie
2. Impulsowa – gorąca stopa(?)
3. maksimum i zanik – pojedyncze(?) źródło w koronie

# Geometria

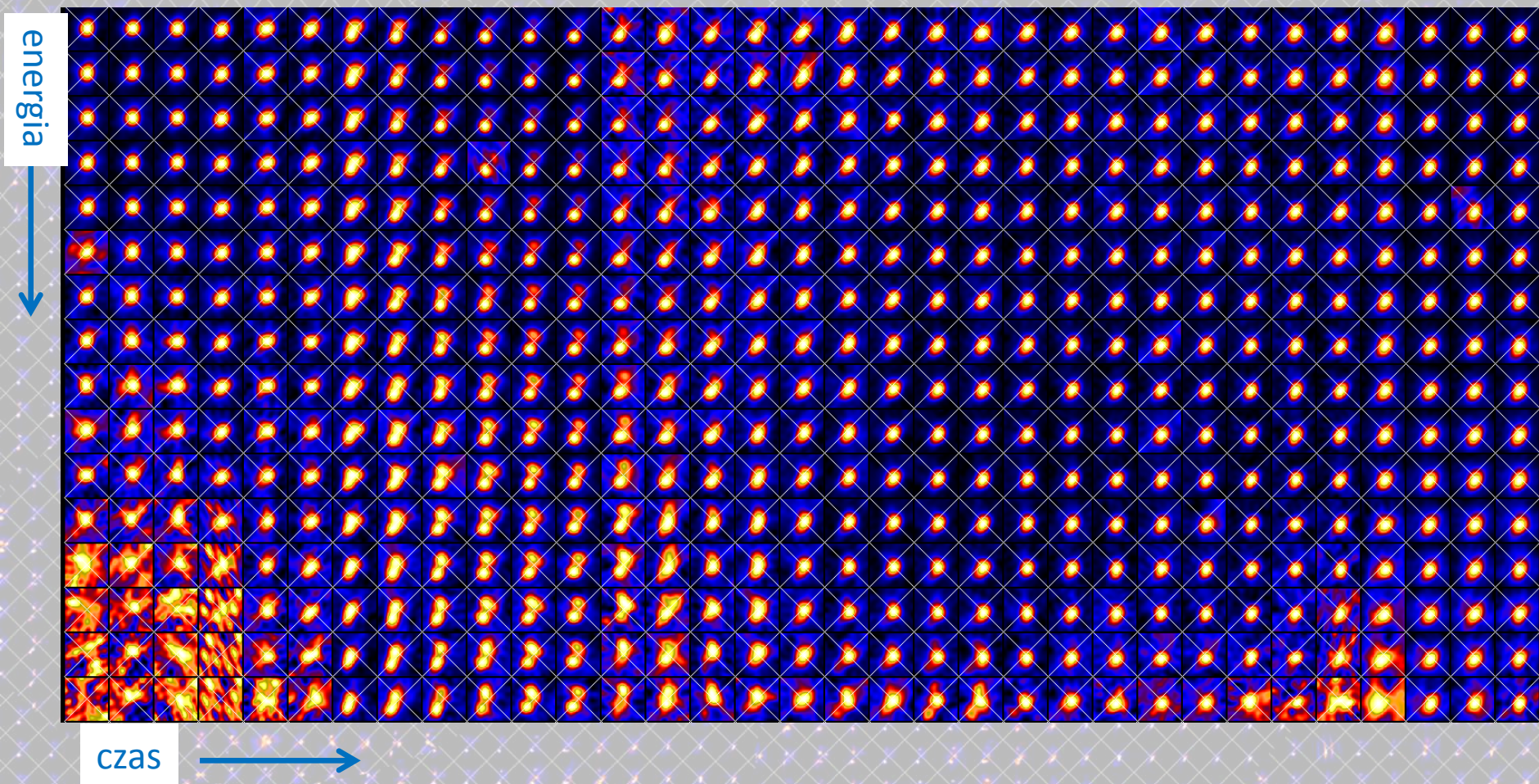


Obraz jest zgodny z naszą intuicją,  
ale...

obraz – 27-35 keV, faza impulsowa  
kontury – 6-7 keV, maksimum



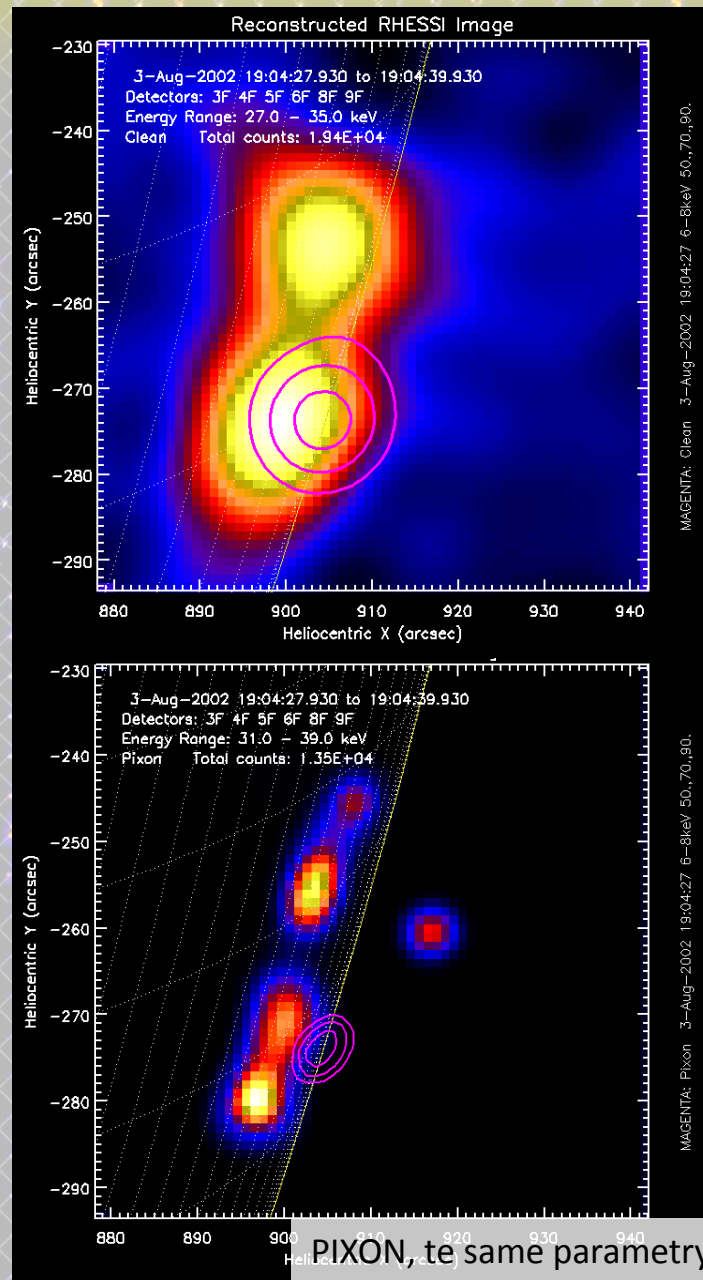
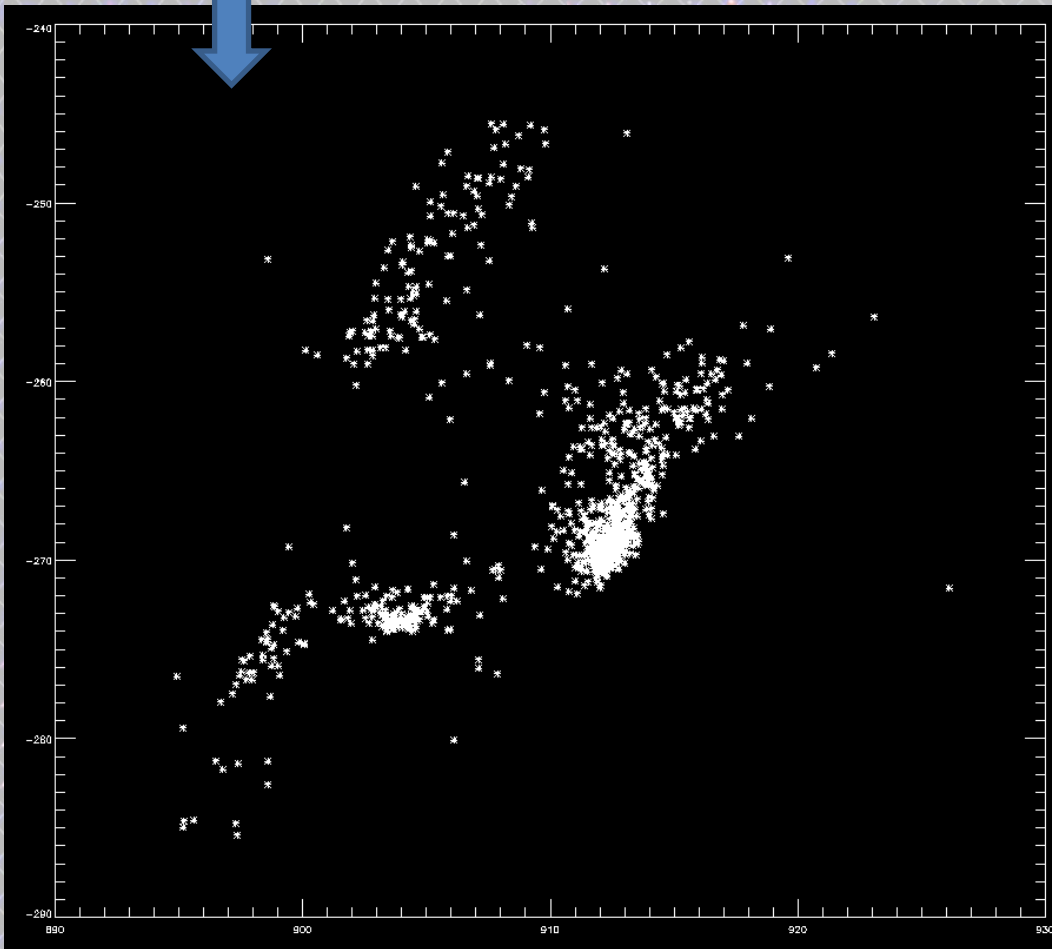
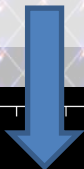
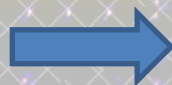
CLEAN, det: 3,4,5,6,8,9, wąskie przedziały energii



# Geometria

Centroidy wszystkich  
zrekonstruowanych  
źródeł

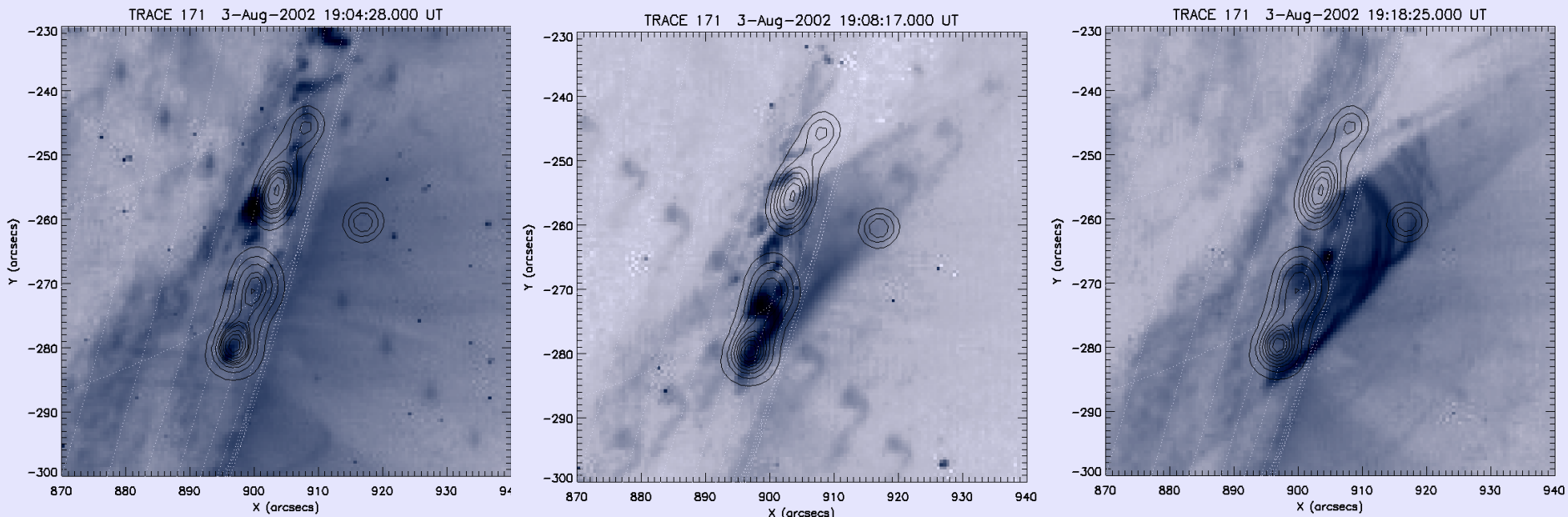
obraz: 27-35 keV  
kontury: 6-7 keV



MAGEntA: Clean 3-Aug-2002 19:04:27 6-8keV 50.,70.,90.

MAGEntA: Pixon 3-Aug-2002 19:04:27 6-8keV 50.,70.,90.

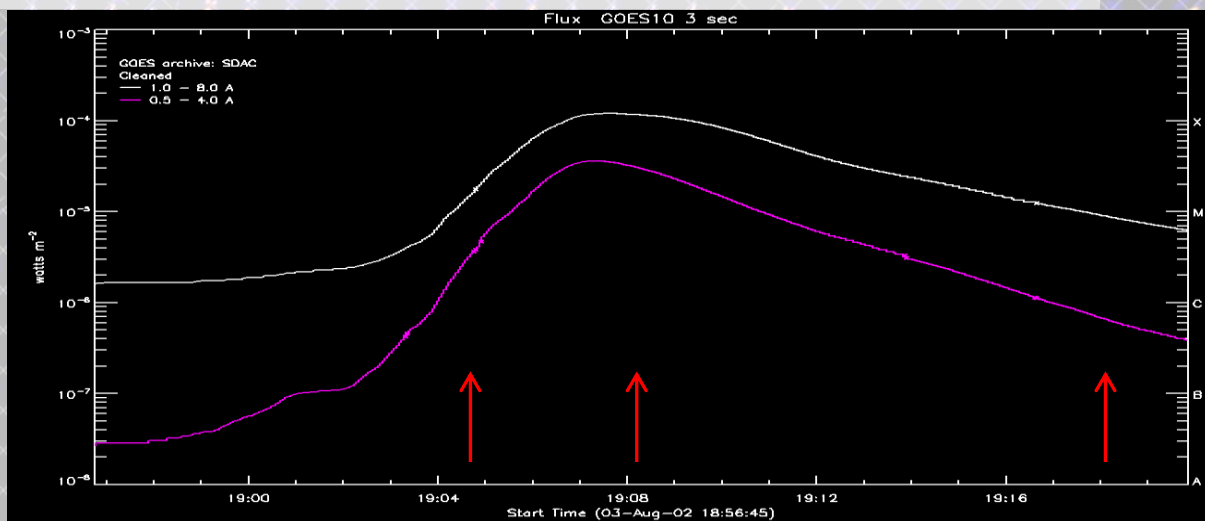
PIXON, te same parametry

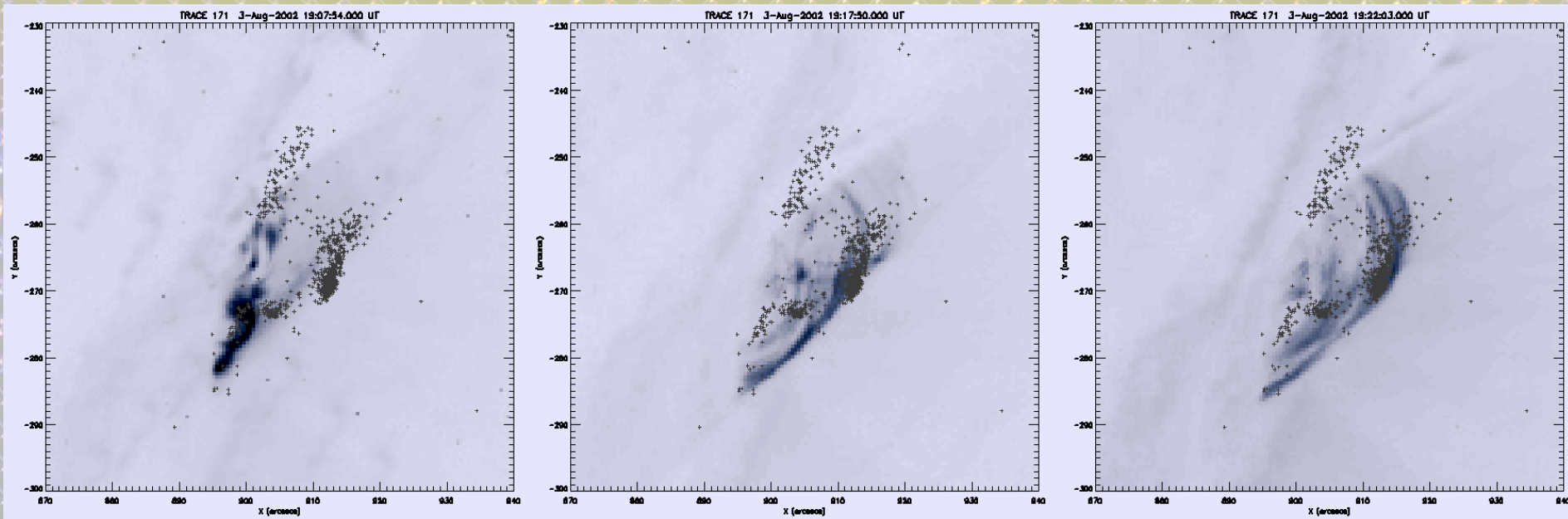


kontury – źródła 27-35 keV podczas fazy impulsowej (19:04:27 UT – 19:04:39 UT)

Obrazy PIXONowe lepiej pasują do obrazu widocznego w TRACE

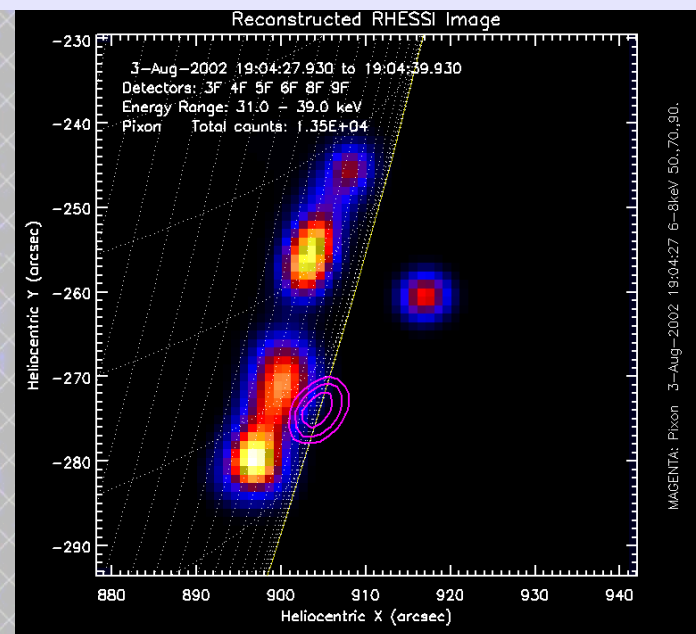
Stopy są zgodne przestrzennie z małą pętlą i wysoką arkadą widoczną w EUV.

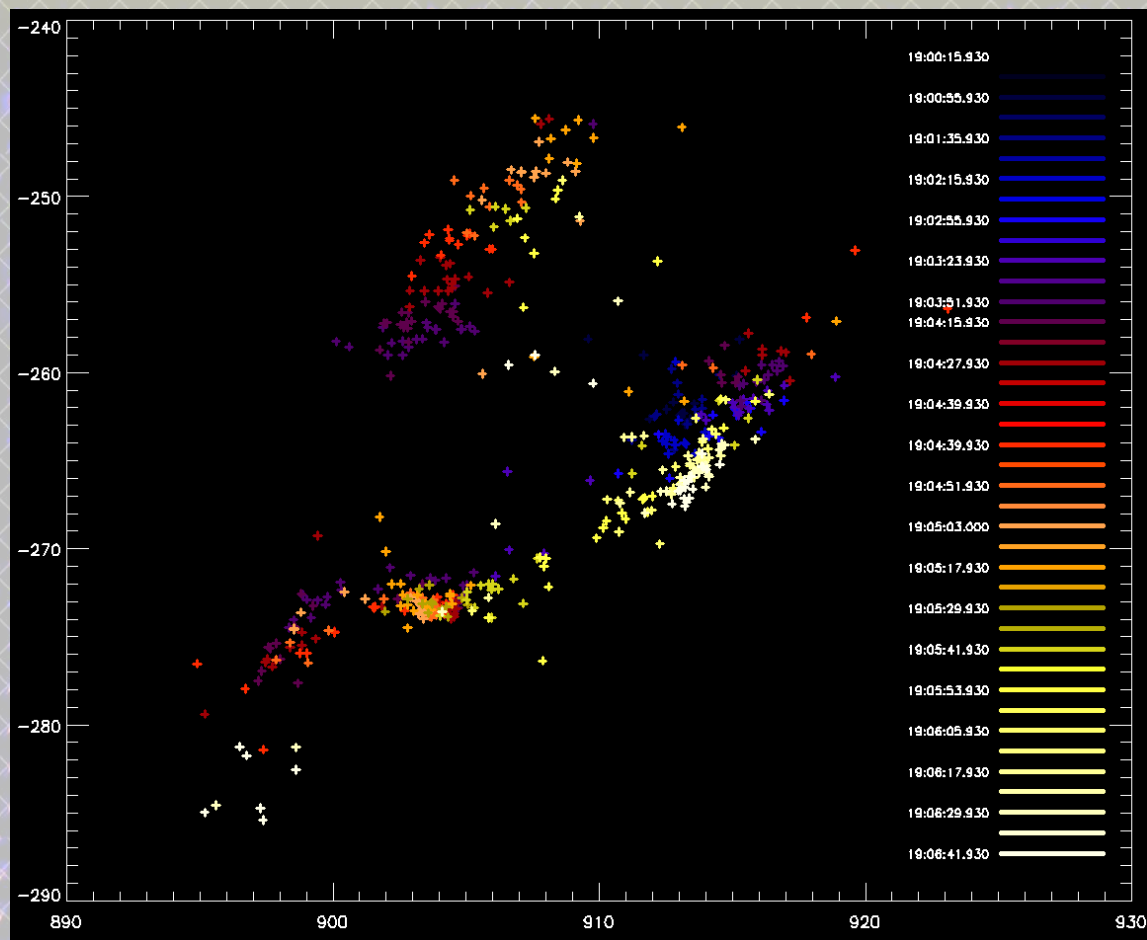
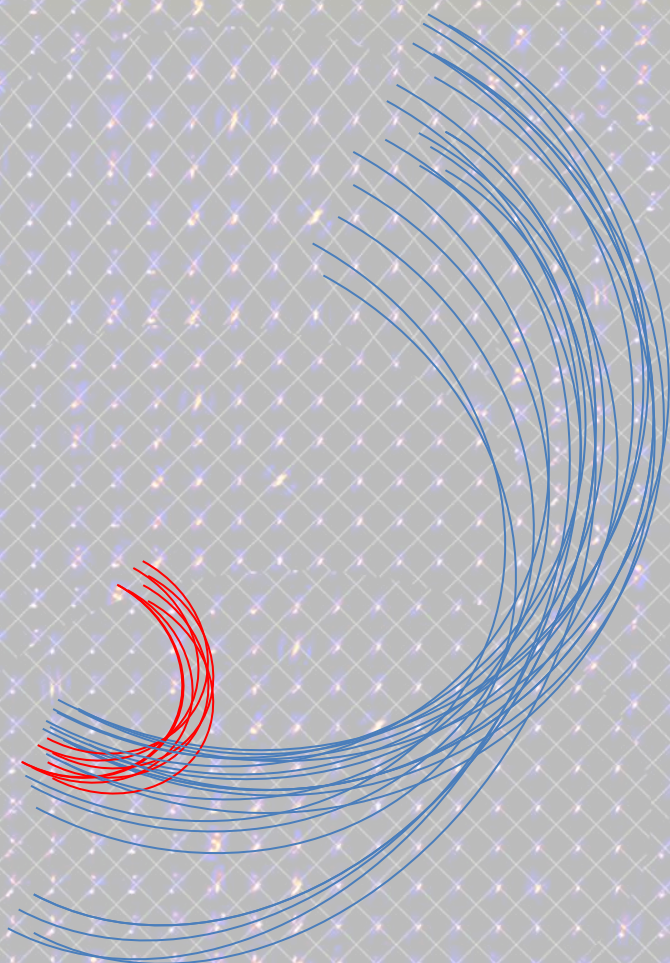




Ewolucja w czasie zależności E-H dotyczy małej pętli.

Cały rozbłysk jest skomplikowany i interpretacja w przybliżeniu pojedynczej pętli może prowadzić do nieprawdziwych wniosków.



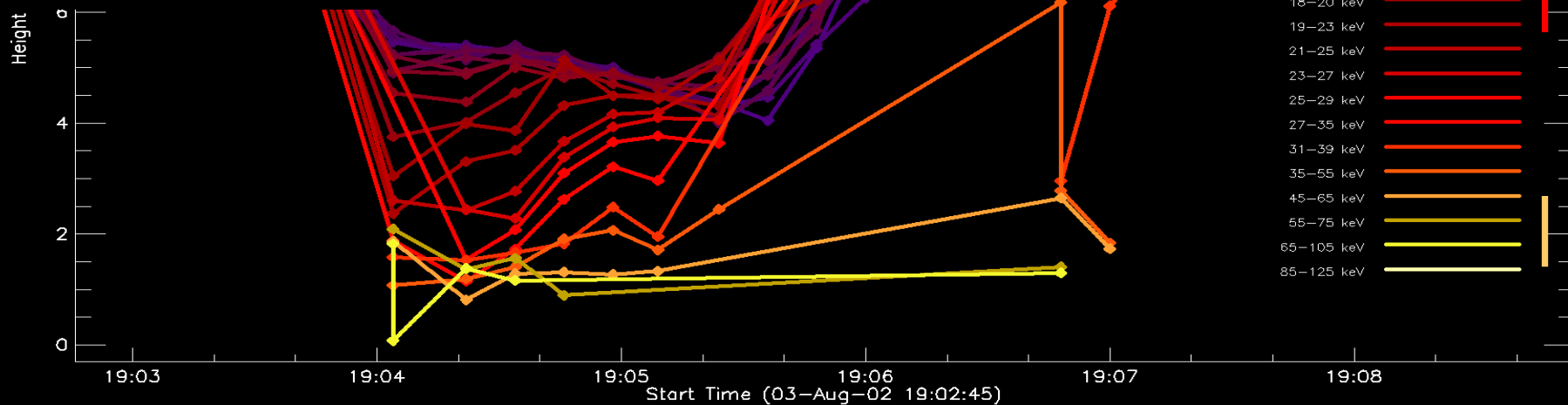
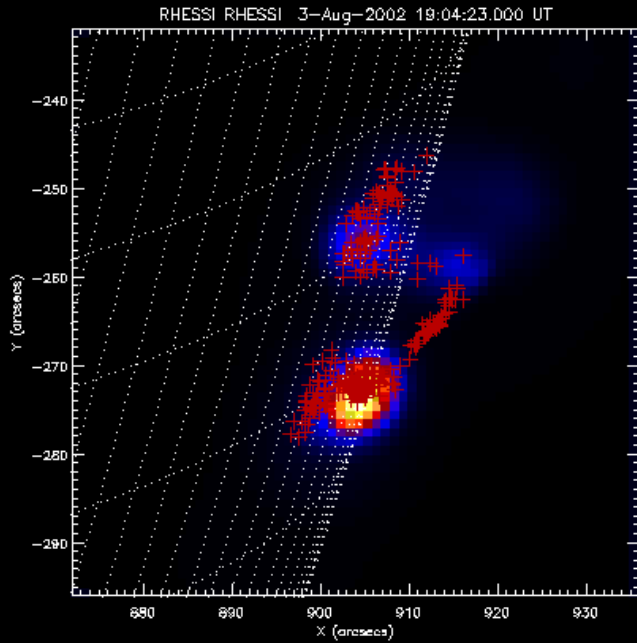


Źródła widoczne w północnej części struktury przemieszczają się systematycznie – brak możliwości śledzenia zmian gęstości.

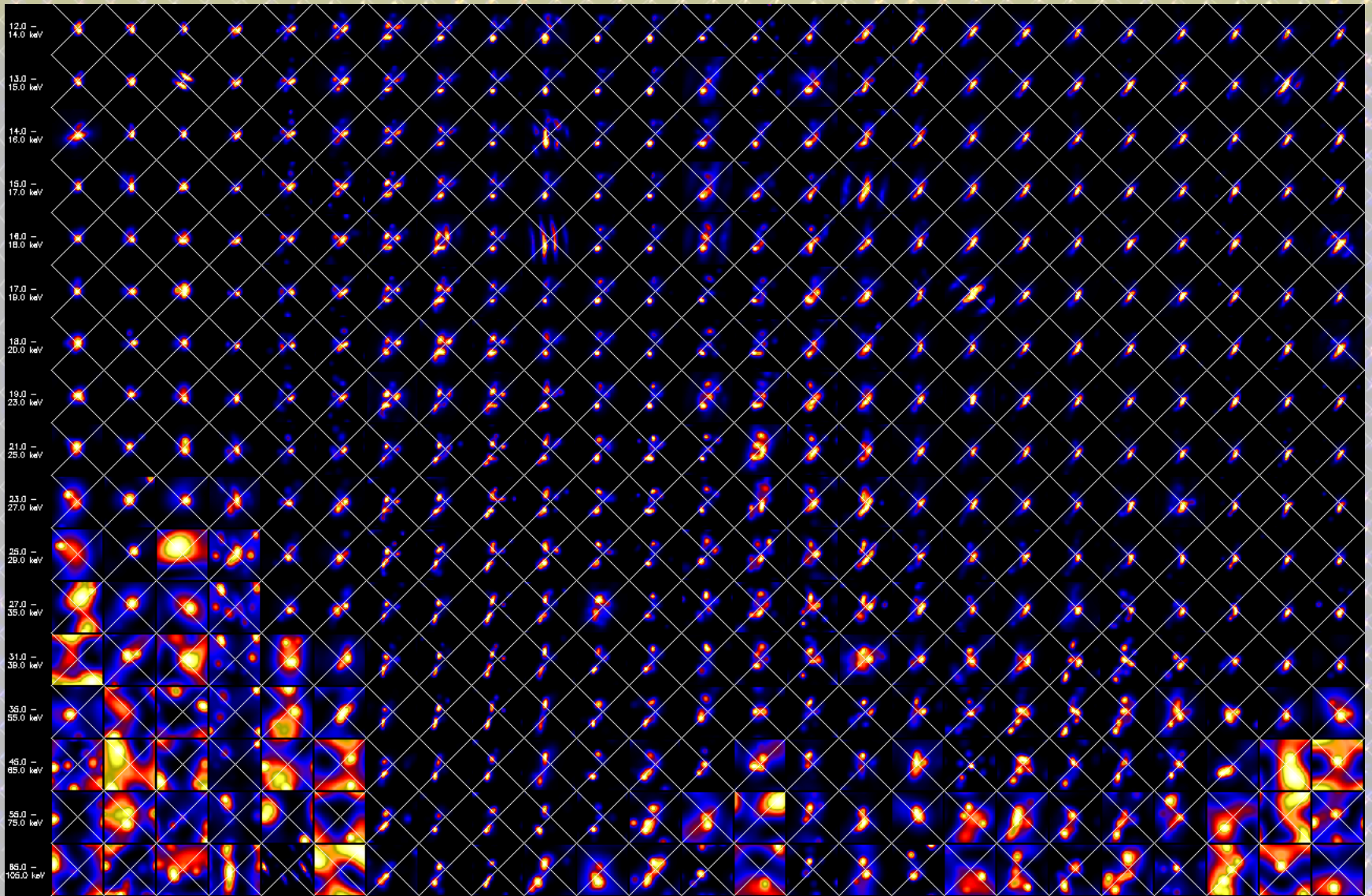
# Geometria

Ewolucja po 19:05:30 UT, to nie jest parowanie chromosfery, tylko przemieszczanie się emisji wzdłuż kanału arkady.

W małej, południowej pętli możemy śledzić zmiany zależności E-H



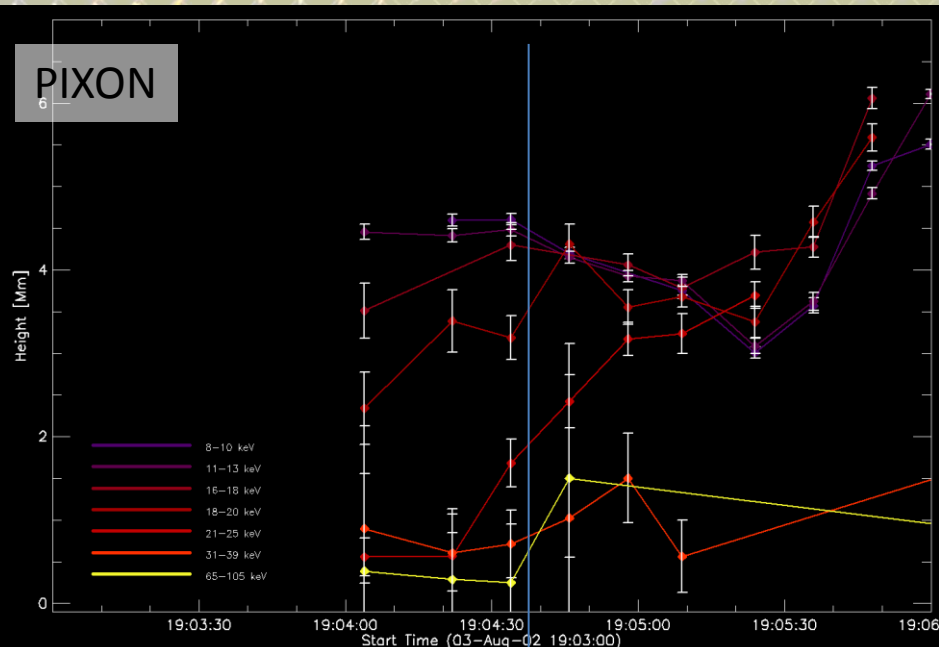
# PIXON vs CLEAN



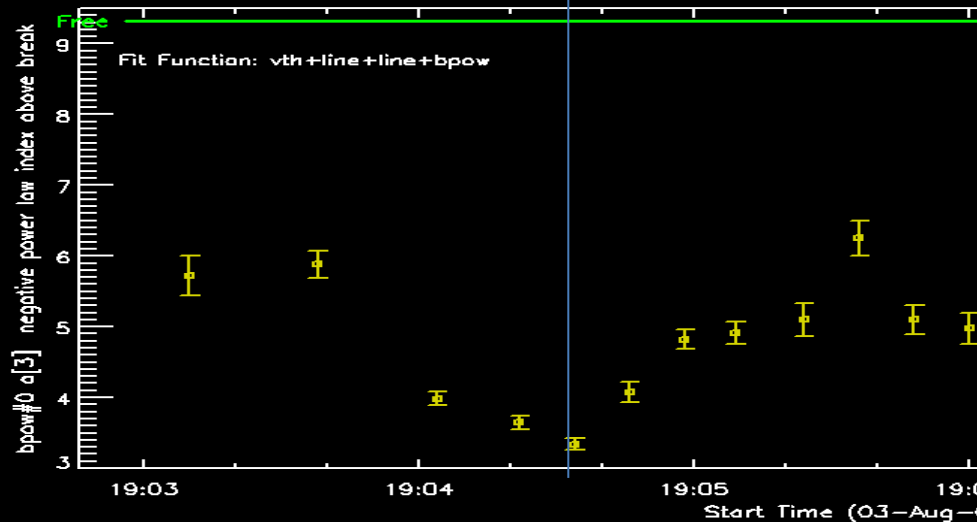
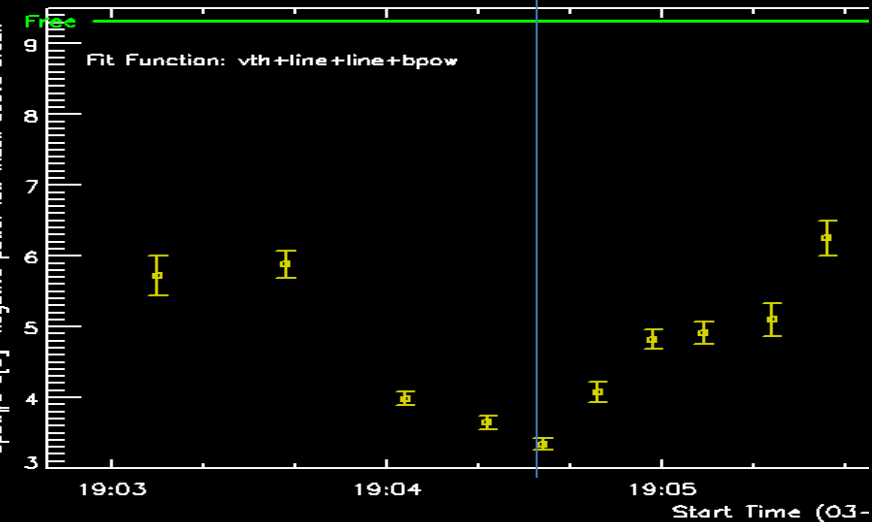
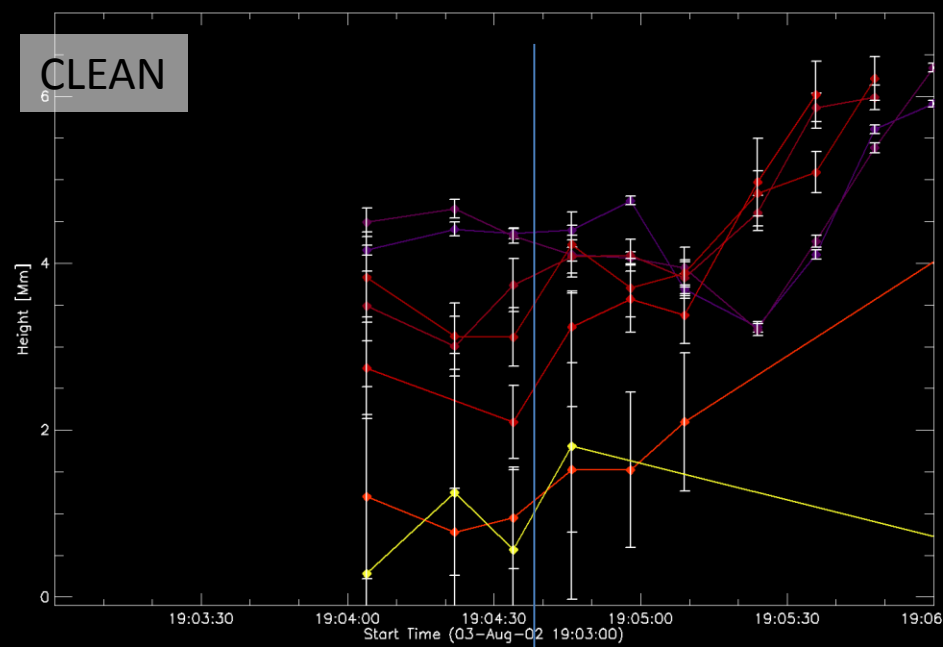
PIXON, 3-9 det (bez 7), naturalne wagi, przedziały czasu 12-20s

# PIXON vs CLEAN

PIXON

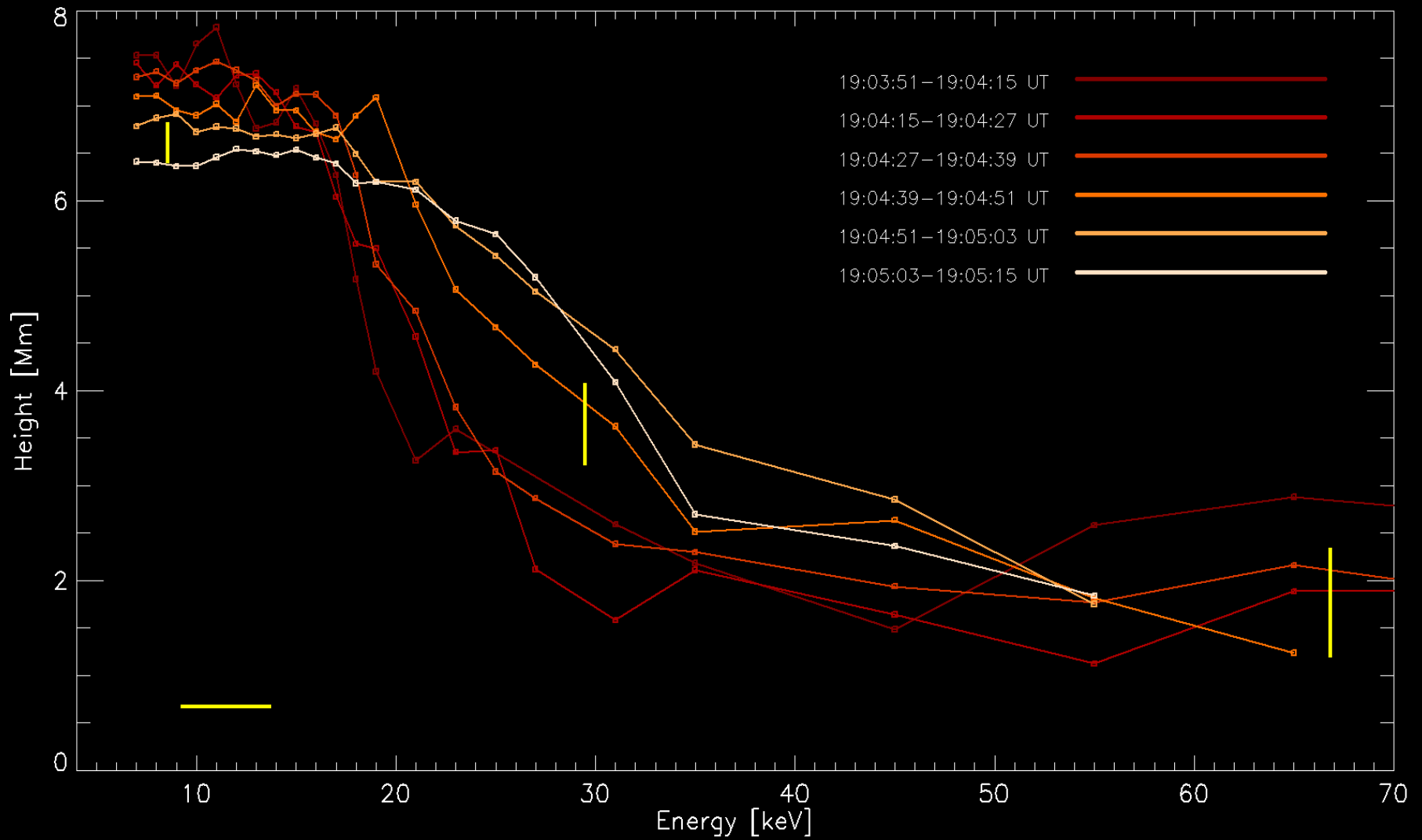


CLEAN

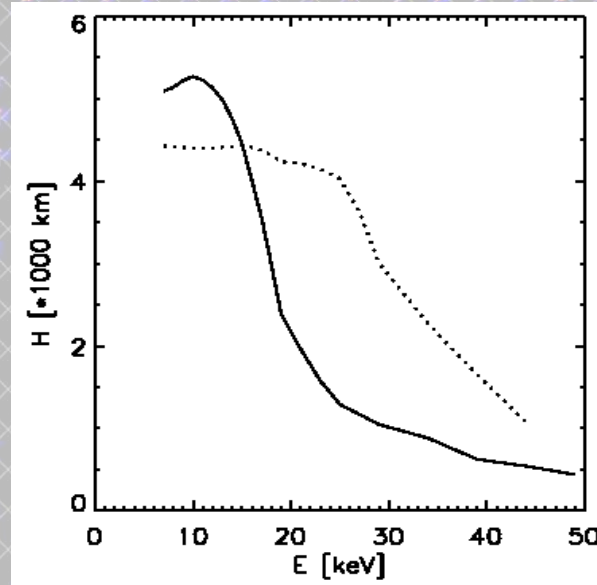
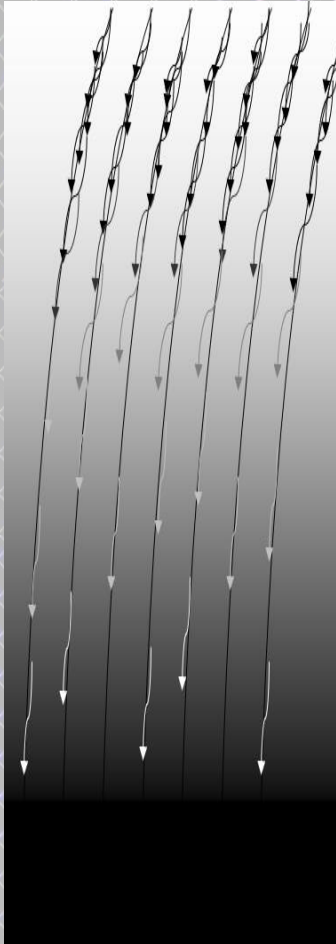




# Oszacowanie ilości odparowanej masy



# Oszacowanie ilości odparowanej masy



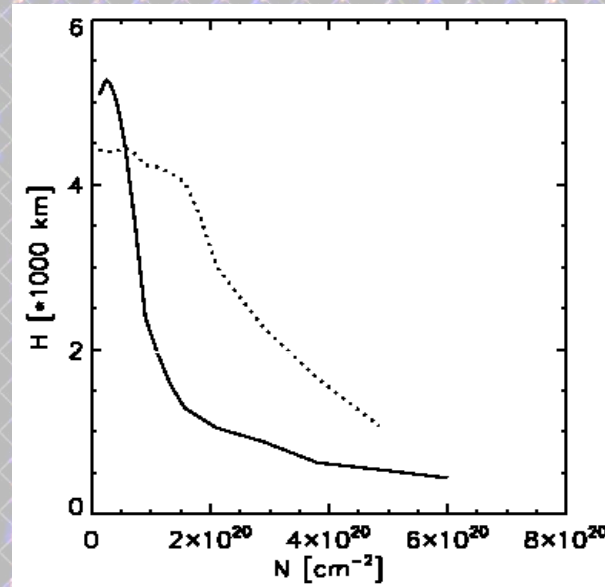
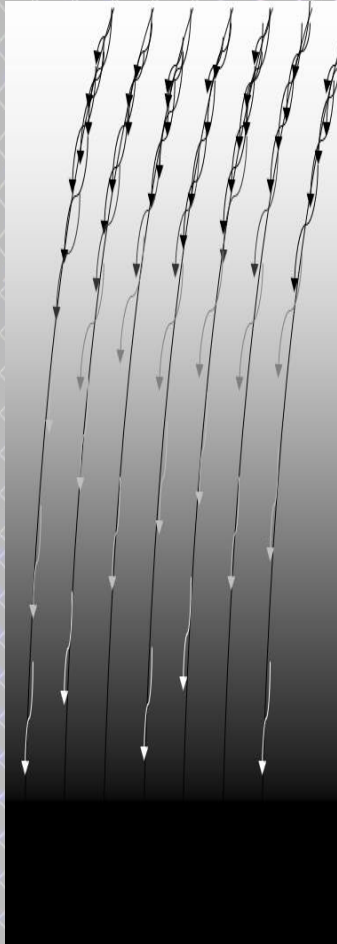
$h_0, E_0, N_1$

$h_0, E_0, N_0$

$$N_s(E_0) = \frac{E_0^2}{2K}$$

Obserwowaną zależność E-H można przekształcić do zależności  $N_s$ -H

# Oszacowanie ilości odparowanej masy



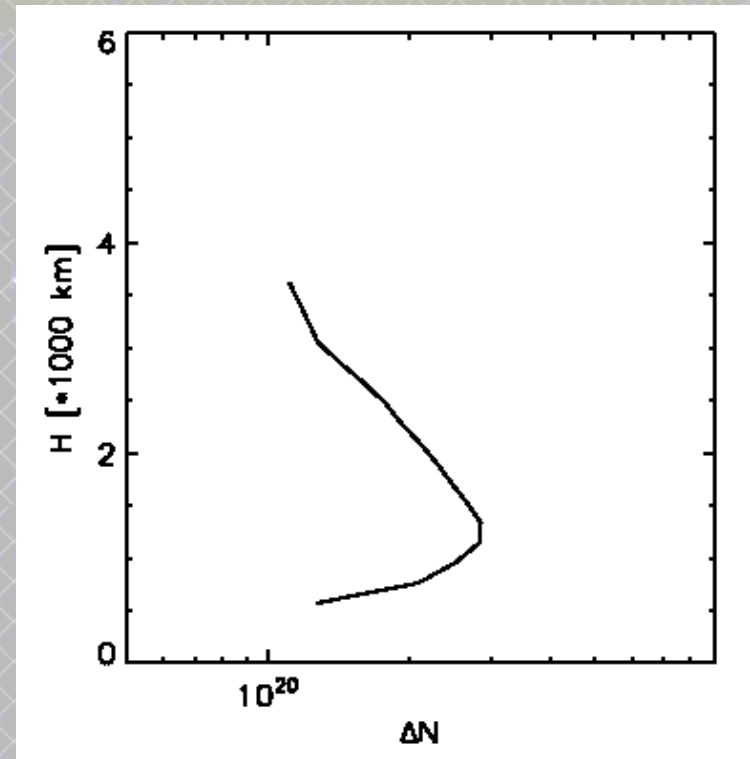
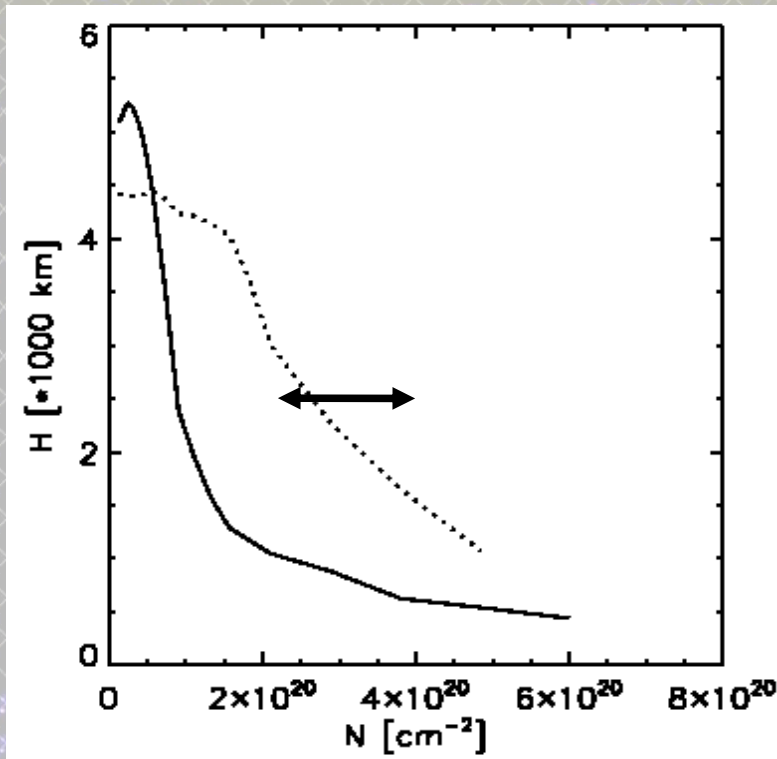
$h_0, E_0, N_1$

$h_0, E_0, N_0$

$$N_s(E_0) = \frac{E_0^2}{2K}$$

Różnica gęstości kolumnowej może być przeliczona na różnicę masy

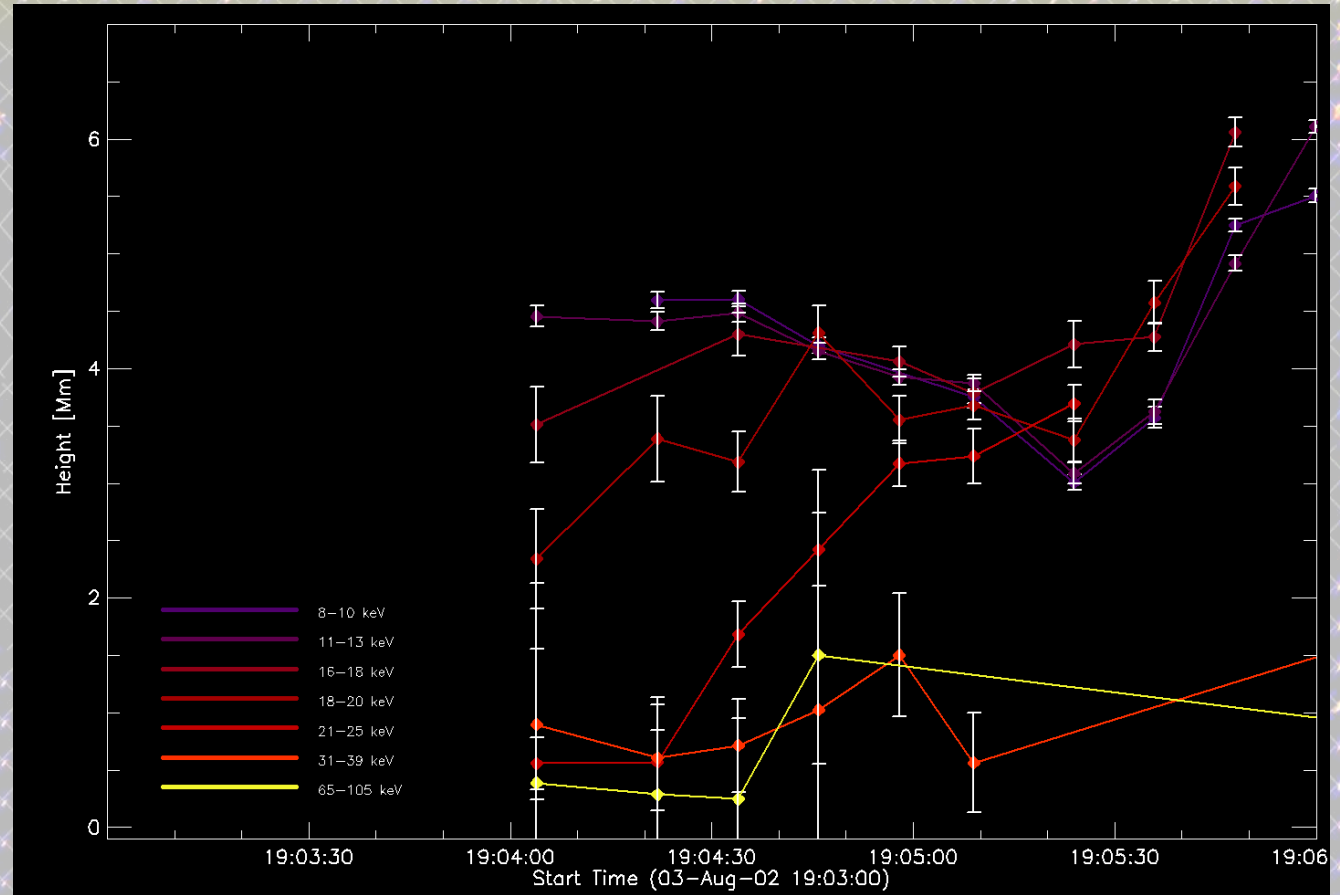
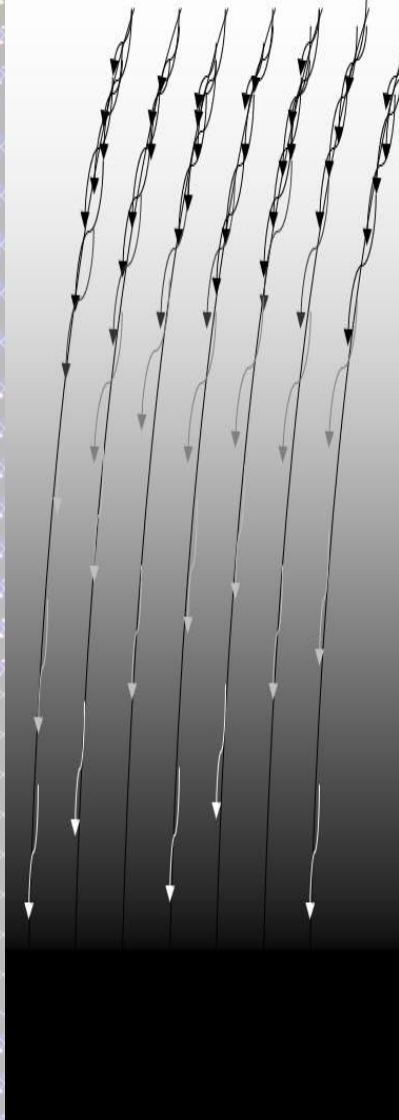
## Oszacowanie ilości odparowanej masy



„Maksimum” mówi ile masy zostało przeniesionej między poziomami.

Dodatkowa masa ponad poziomem 1000 km:  $5 \times 10^{13}$  g

## Oszacowanie ilości odparowanej masy



Prędkości: 150-200 km/s

Masa przemieszczona do góry:  $\sim 10^{13}$  g

Energia kinetyczna odparowanej materii:  $10^{28}$  erg