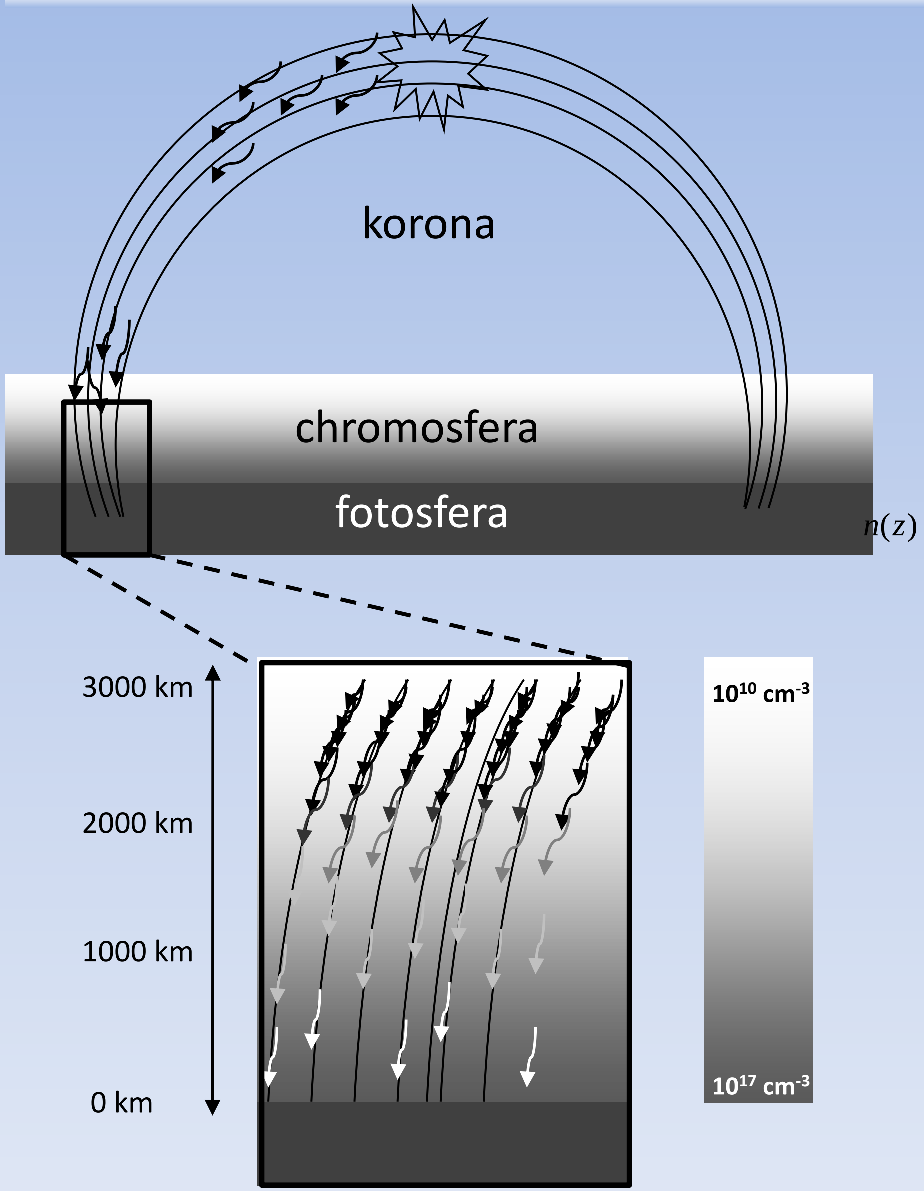
Zależność energia-wysokość dla źródeł twardego promieniowania rentgenowskiego

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***

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

$$N_s(E_0) = \frac{E_0^2}{2K} \qquad N_s(z) = \int_z^{z_{\max}} n(z')dz'$$

$$n(z)$$

Obserwacje wysokości źródeł HXR

Brown, J.C. i in., 1983, Sol. Phys. 88, 281

- International Sun Earth Explorer 3 (ISEE 3)
- Pioneer Venus Orbiter (PVO)
- $h=0.0 – 2.5\text{Mm}$ (150 keV)

Takakura, K. i in., 1987, Sol. Phys. 107, 109

- HINOTORI 20 - 40 keV
- $h=7.0 \pm 3.5$ Mm

Matsushita, K. i in., 1992, Publ. Astron. Soc. Japan 44, L89

- YOHKOH
- $h_{14} = 9.7 \pm 2.0$ Mm (L)
- $h_{23}-h_{14} = -1.0 \pm 0.3$ Mm
- $h_{33}-h_{14} = -2.0 \pm 0.5$ Mm
- $h_{53}-h_{14} = -3.2 \pm 0.7$ Mm

Fletcher, L., 1996, A&A 310, 661

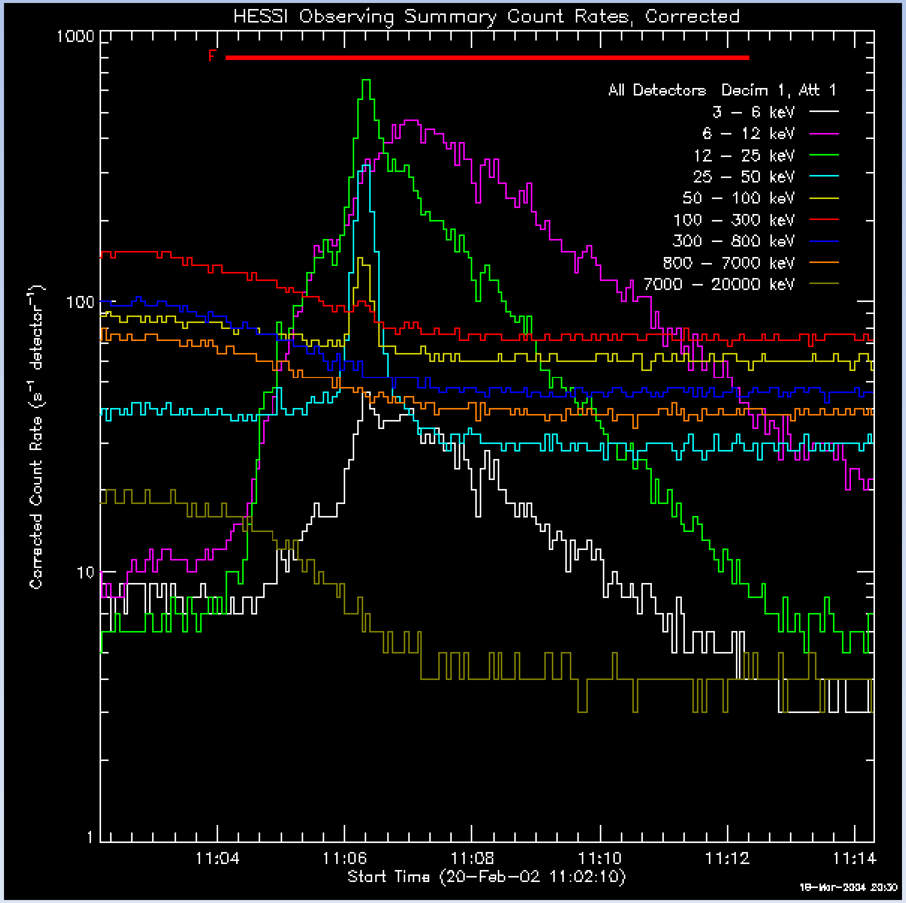
- $n_e = 2 \times 10^{10} - 3 \times 10^{11}$ cm^{-3}
- $L = 13 - 27$ Mm

Aschwanden, M.J. i in., ApJ 517, 977

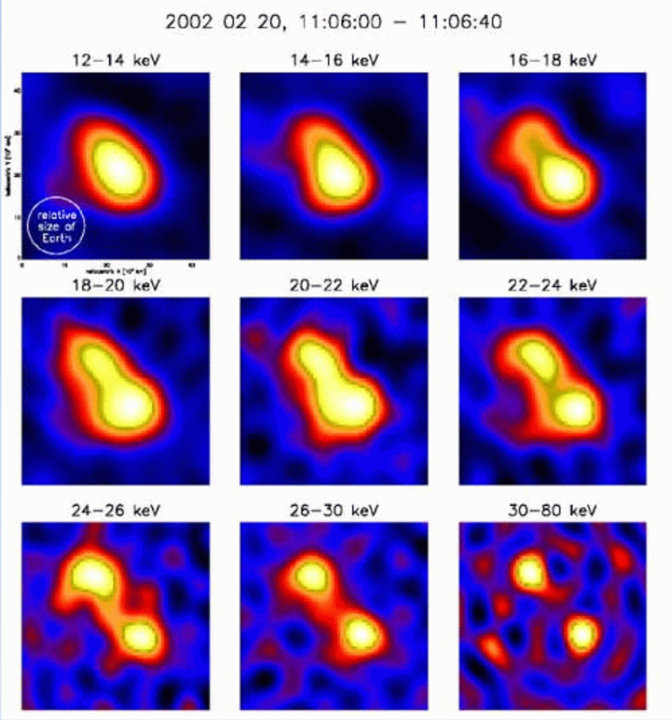
- YOHKOH
- $h_{23}-h_{14} = -0.98 \pm 0.25$ Mm
- $h_{33}-h_{23} = -0.31 \pm 0.3$ Mm

Obserwacje wysokości źródeł HXR

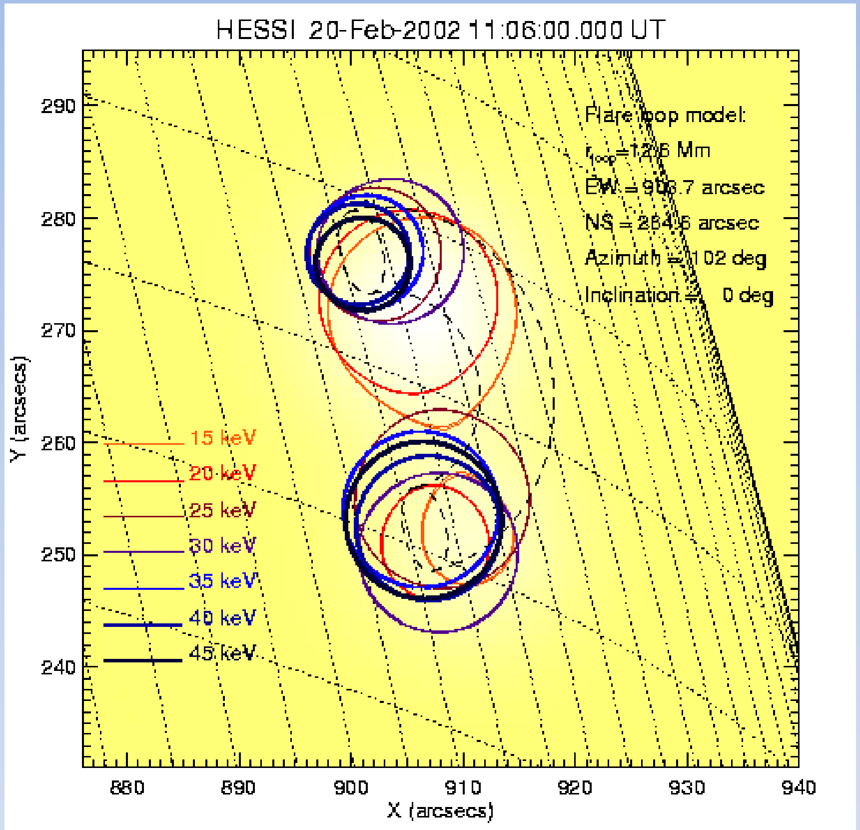
Aschwanden, M. J., Brown, J. C., and Kontar, E. P., 2002, Solar Phys. 210, 383

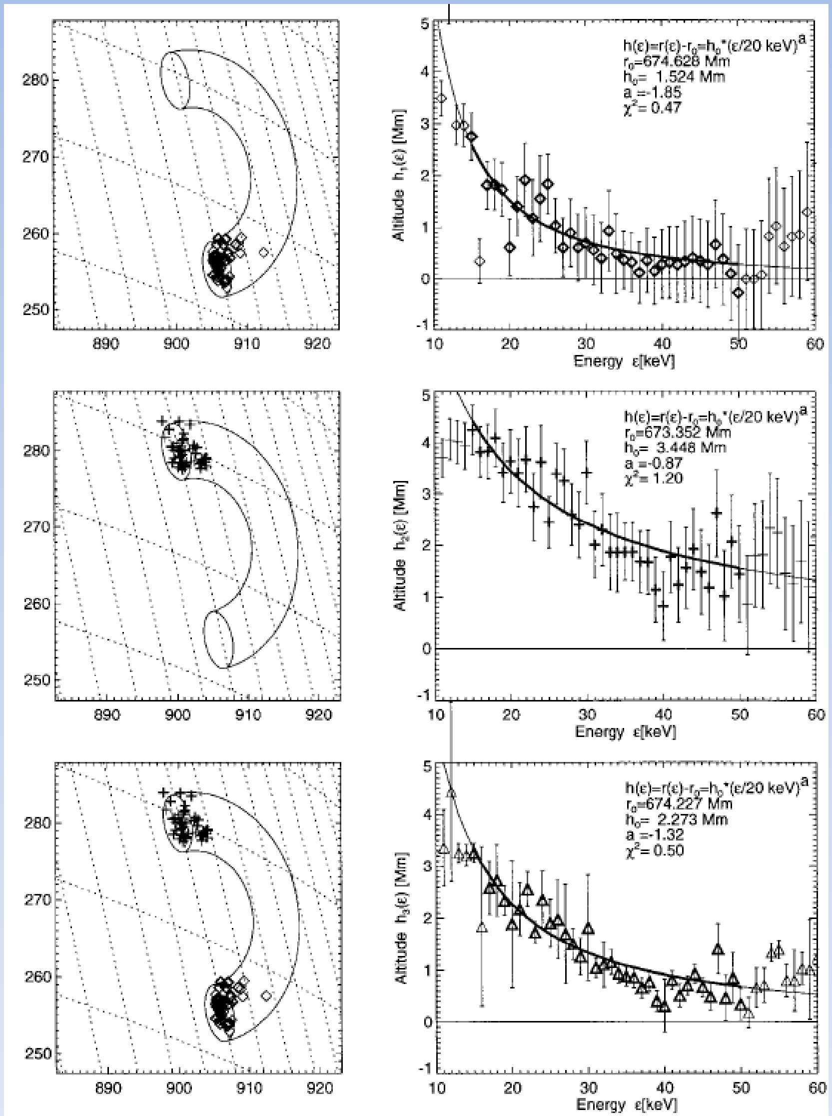


- * C7.5
- * N16W80
- * NOAA 9825



Aschwanden i in. 2002, Solar Phys. 210, 383

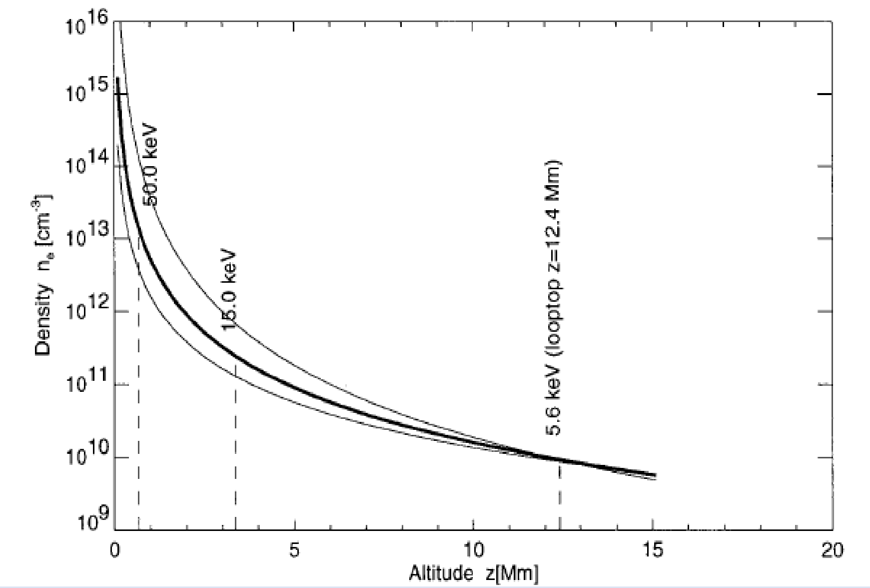


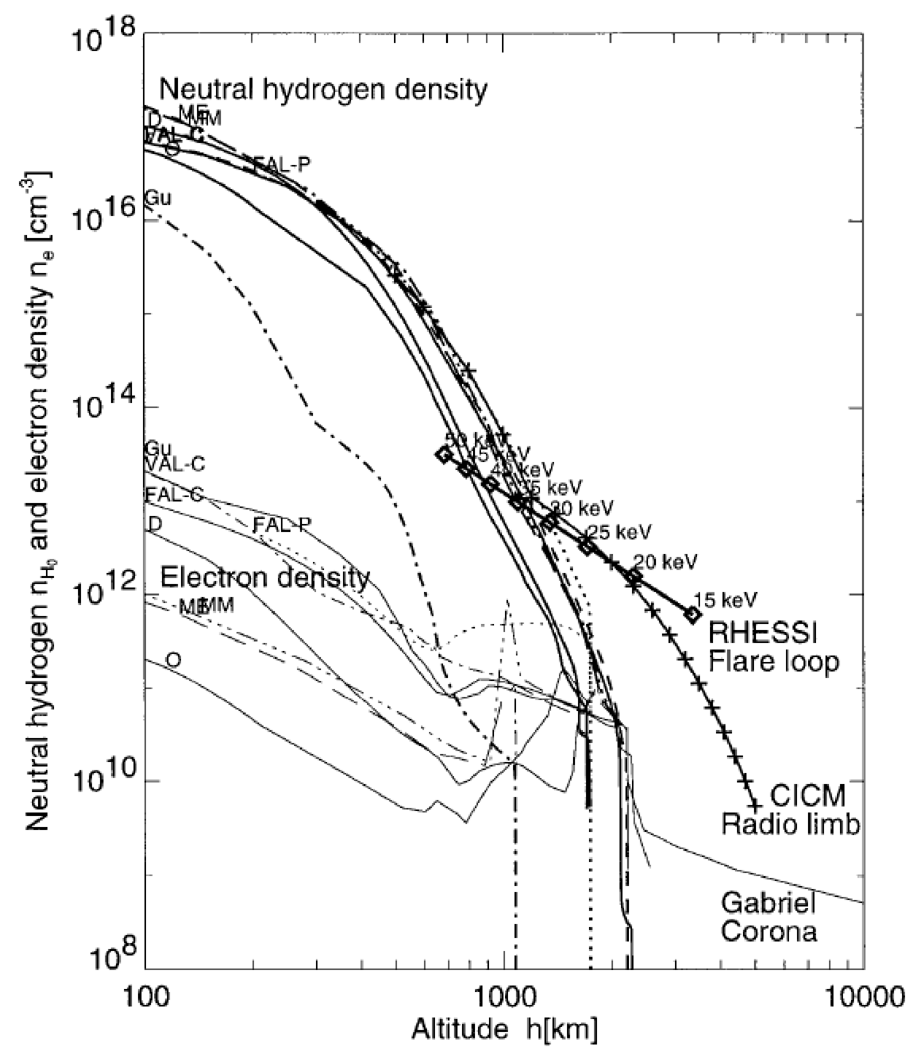


$$z(\varepsilon) = z_0 \left(\frac{\varepsilon}{20keV} \right)^{-a} + r_0$$

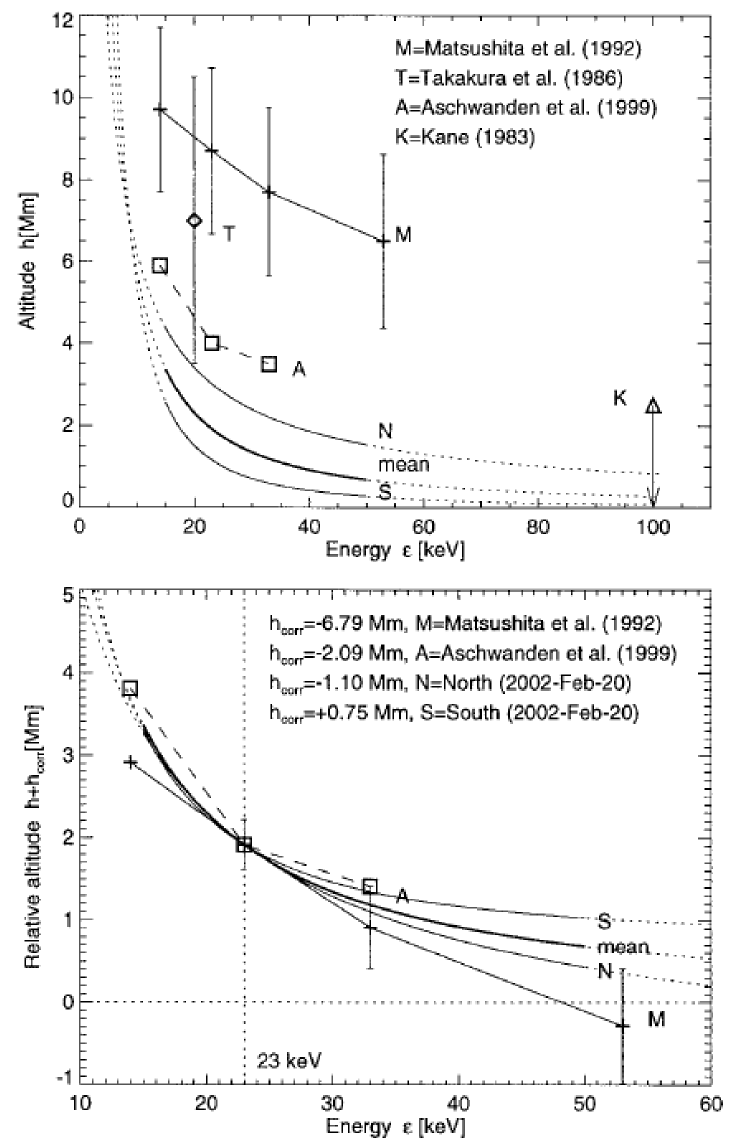
Aschwanden i in. 2002, Solar Phys. 210, 383

$$n(z) = n_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^{-1-\frac{2}{a}}$$





Aschwanden i in. 2002, Solar Phys. 210, 383



Brown, J.C. i in., 1983, Sol. Phys. 88, 281

150 keV h=0.0 – 2.5Mm

Takakura, K. i in., 1987, Sol. Phys. 107, 109

20 - 40 keV $h = 7.0 \pm 3.5$ Mm

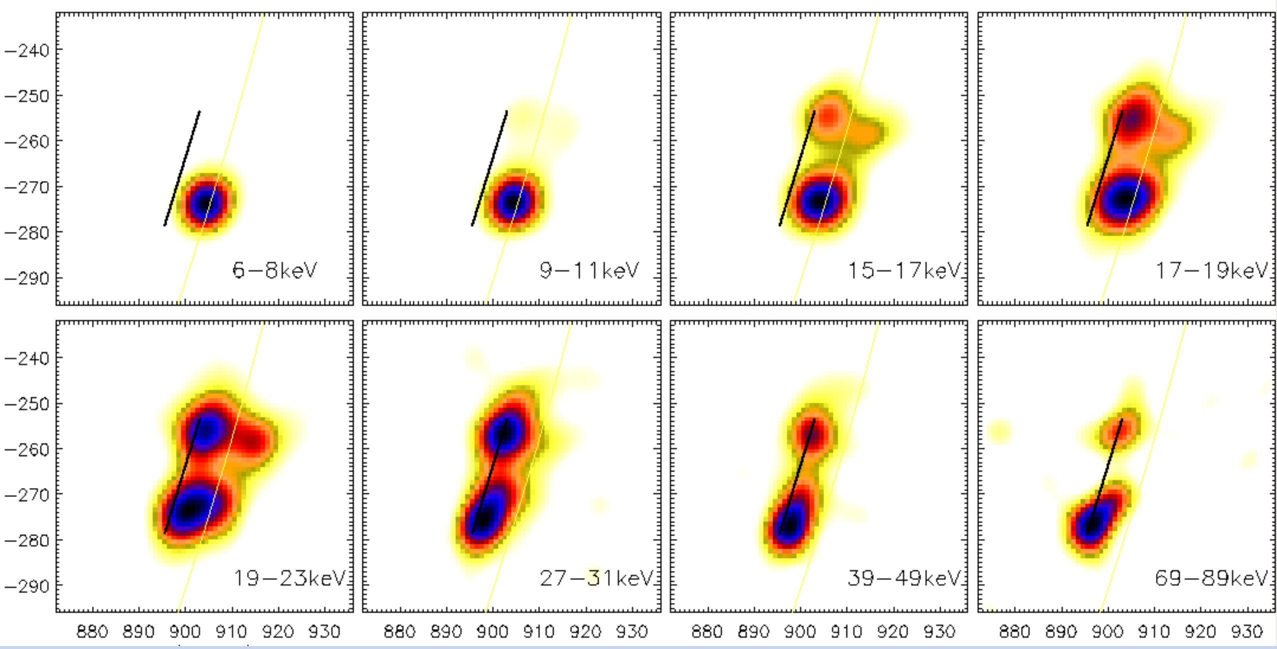
Matsushita, K. i in., 1992, PASJ 44, L89

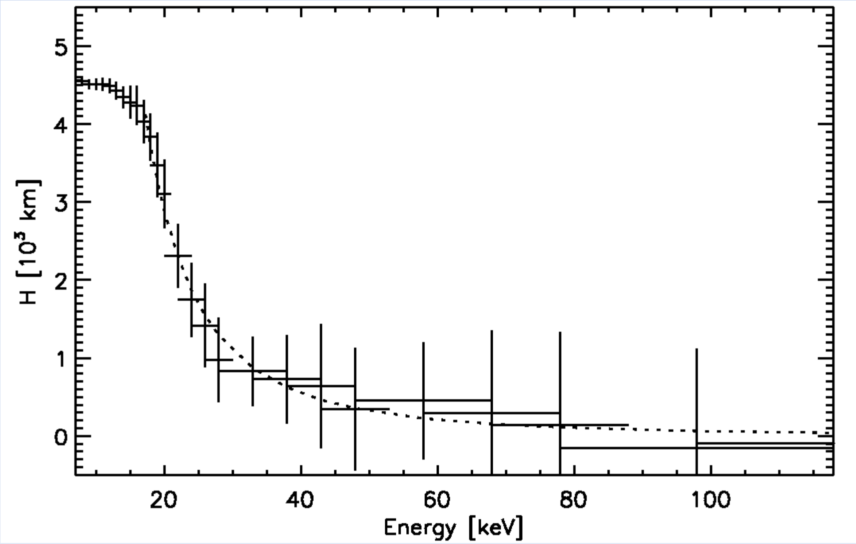
* $h_{14} = 9.7 \pm 2.0$ Mm (L)
* $h_{23}-h_{14} = -1.0 \pm 0.3$ Mm
* $h_{33}-h_{14} = -2.0 \pm 0.5$ Mm
* $h_{53}-h_{14} = -3.2 \pm 0.7$ Mm

Aschwanden, M.J. i in., ApJ 517, 977

* $h_{23}-h_{14} = -0.98 \pm 0.25$ Mm
* $h_{33}-h_{23} = -0.31 \pm 0.3$ Mm

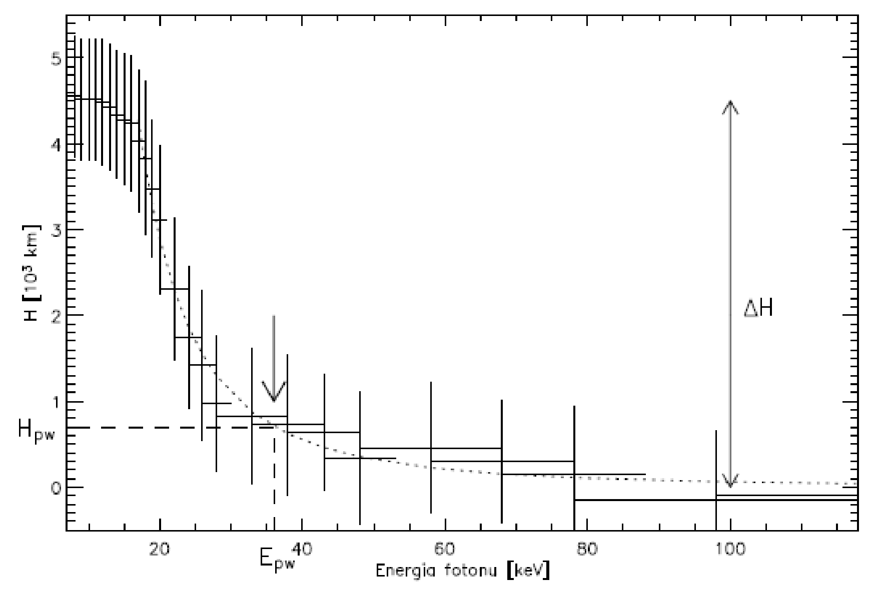
Mrozek 2006





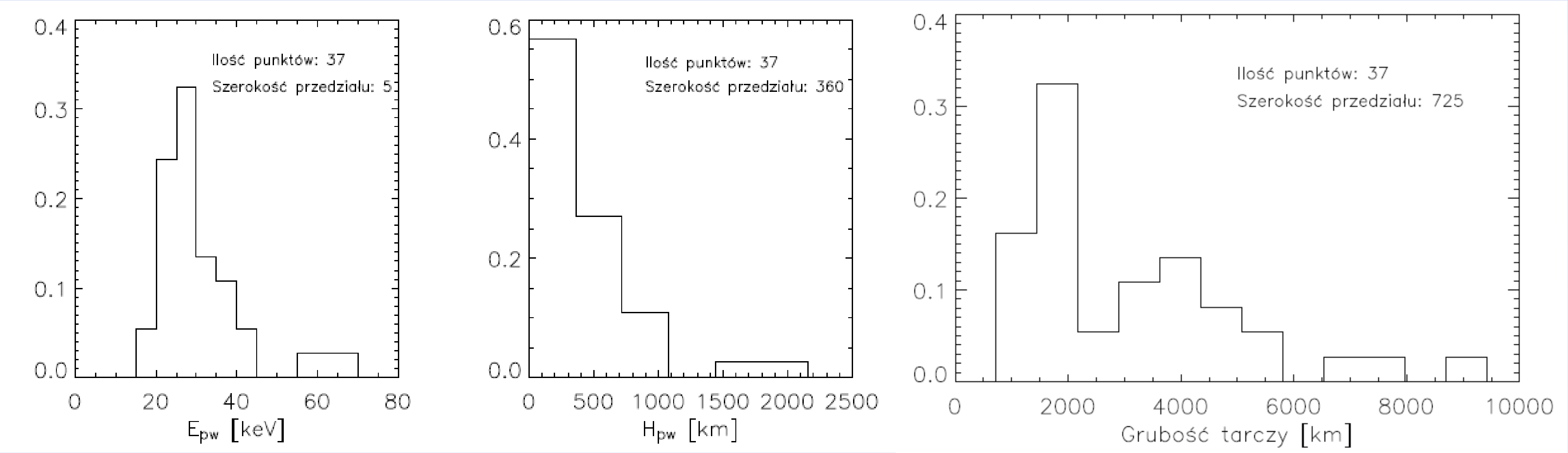
luty 2002 r. – luty 2004 r.
17 zjawisk
37 zależności E-H

Mrozek 2006

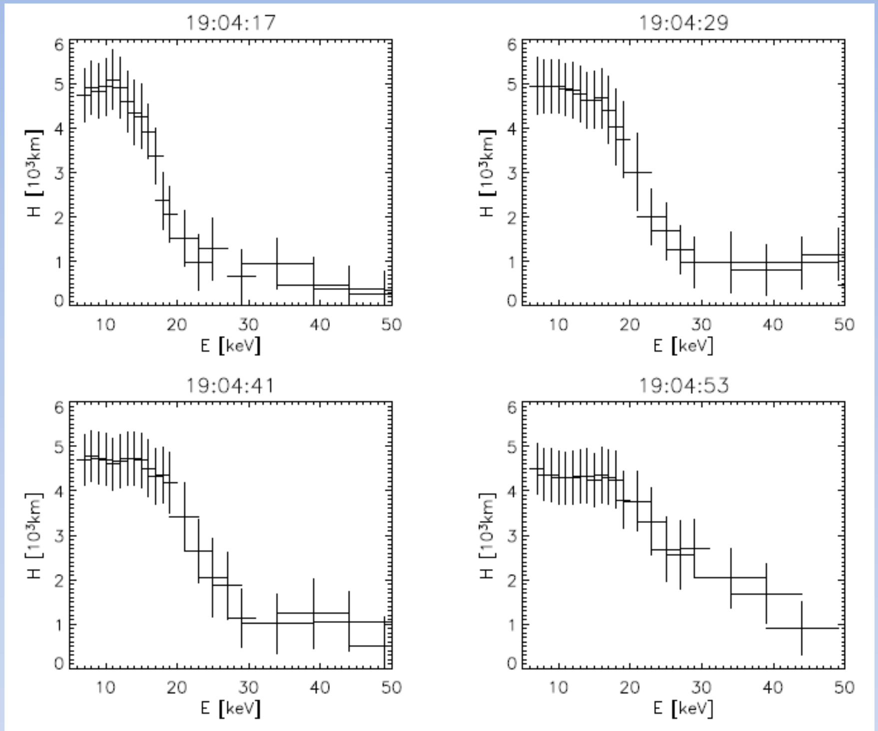


Punkt wypłaszczenia (względem asymptoty):

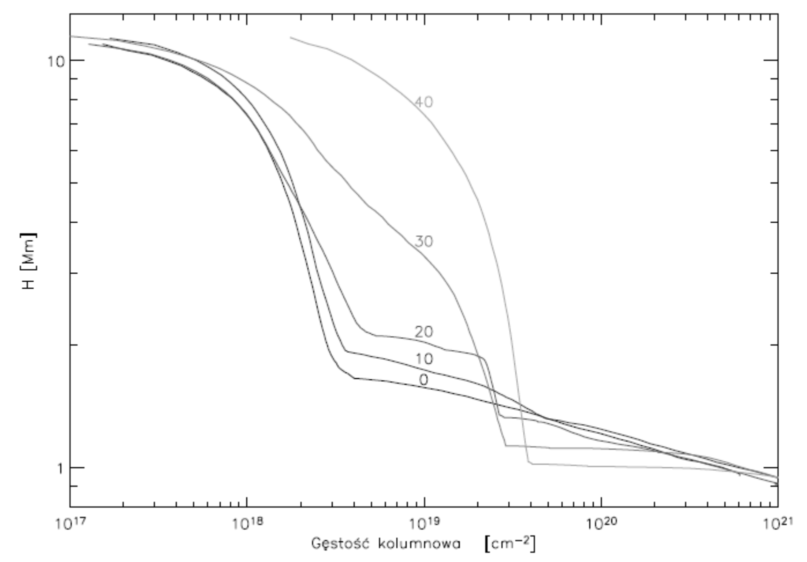
Energia: 20 – 40 kev
Wysokość: <1000 km
Grubość obszaru hamowania: 1000-6000 km



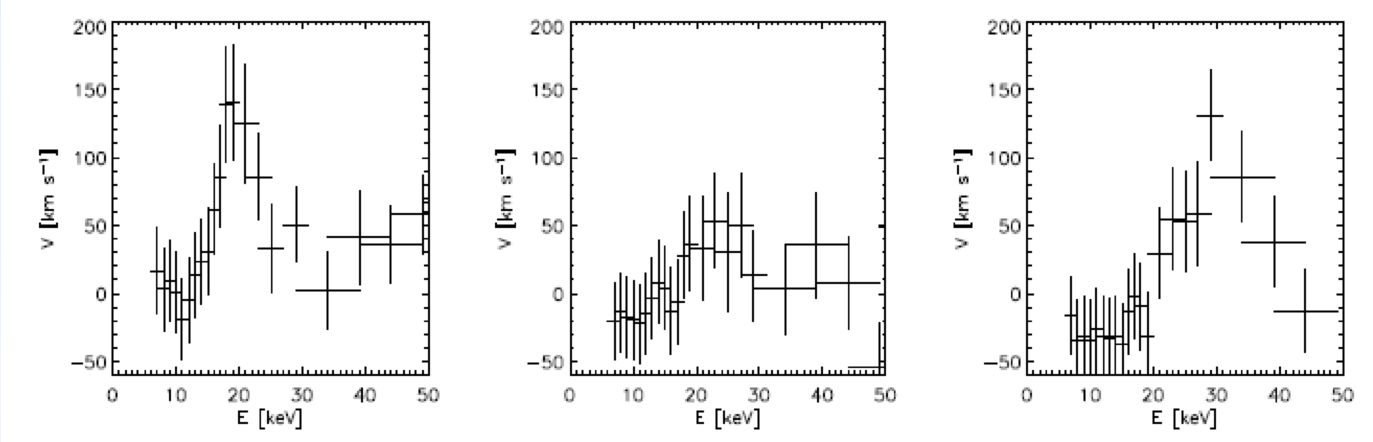
Mrozek 2006



Parowanie chromosfery



Nagai, F. i Emslie, A.G., 1984, ApJ 279, 896

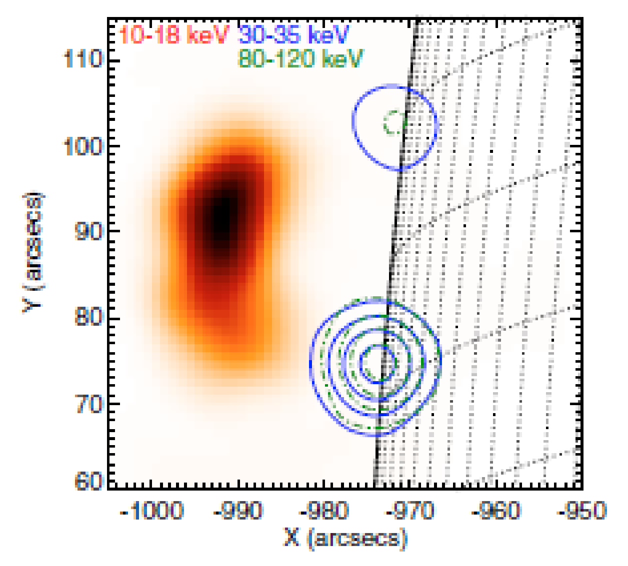


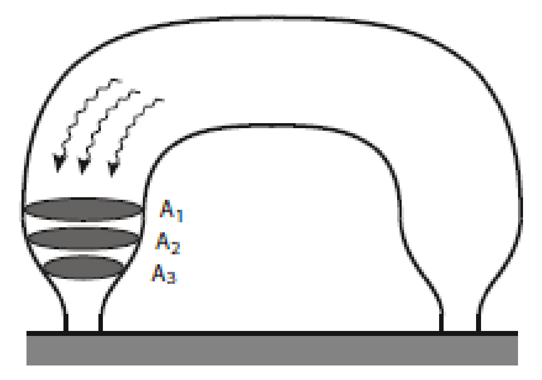
V<200 km/s

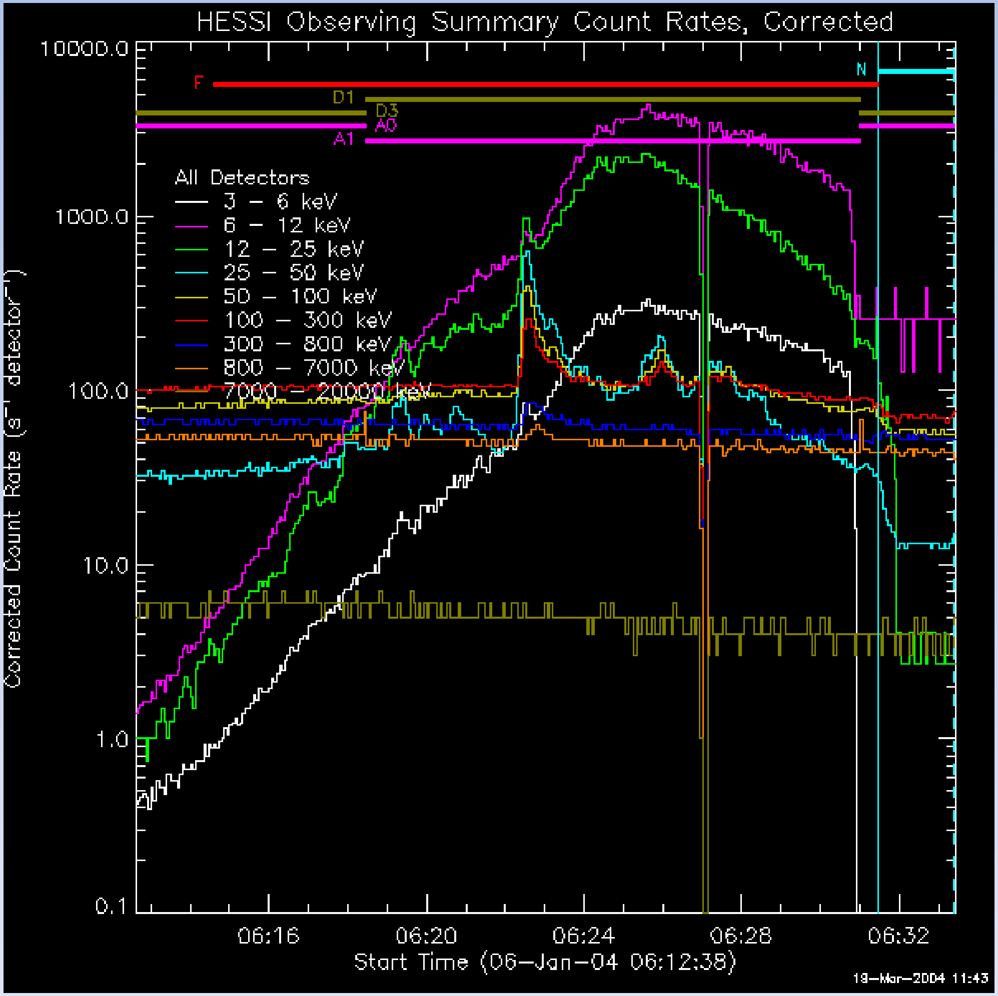
Wiązka elektronów jest dobrym „narzędziem” mierzącym gęstość chromosfery

Kontar, E.P. i in. 2008, A&A 489, L57

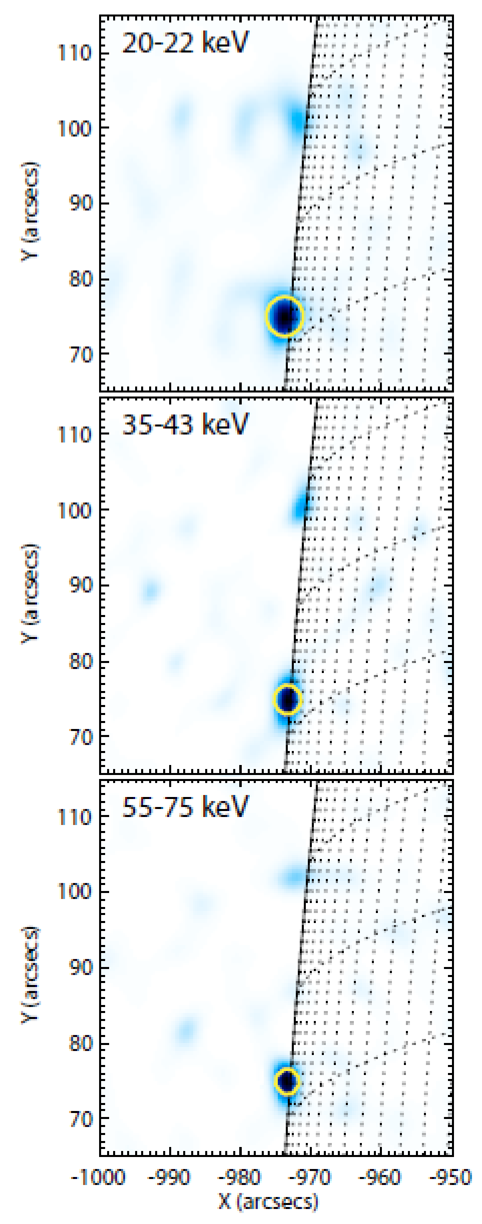
6.01.2004 r.   M6.0

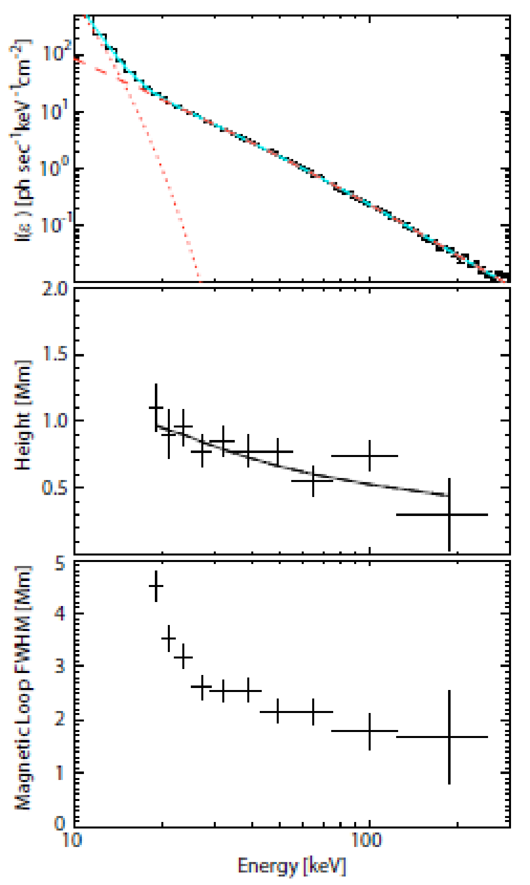


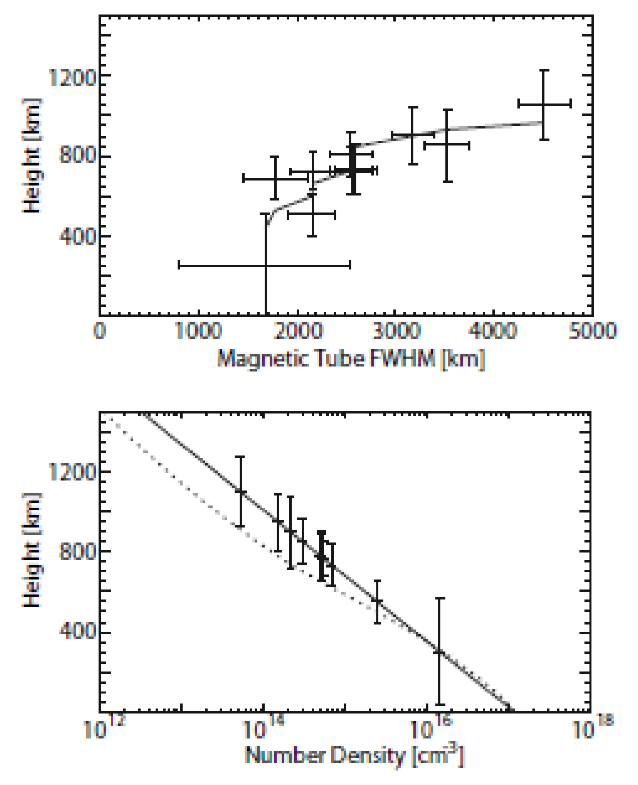




Kontar, E.P. i in. 2008, A&A 489, L57





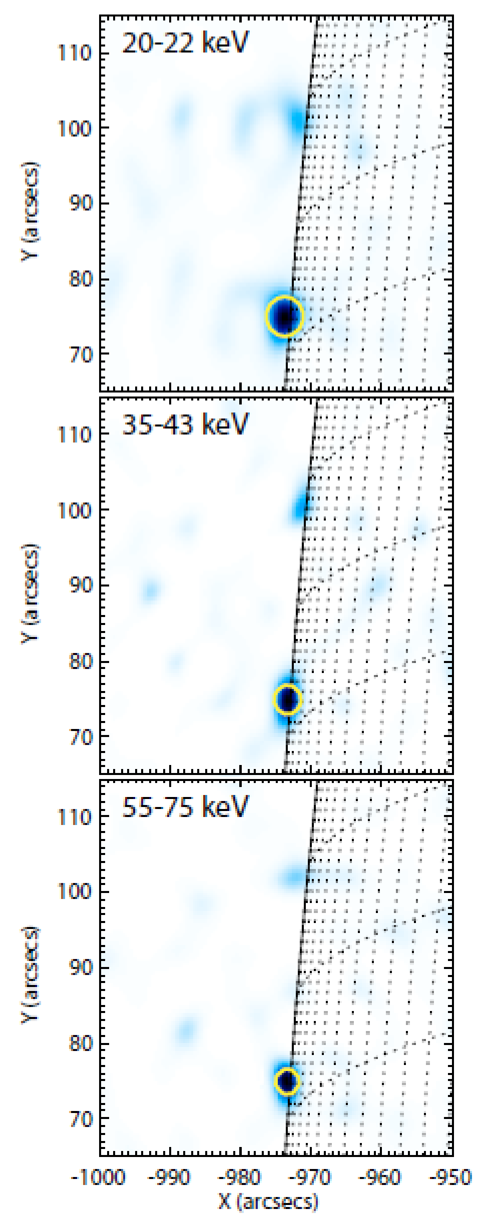


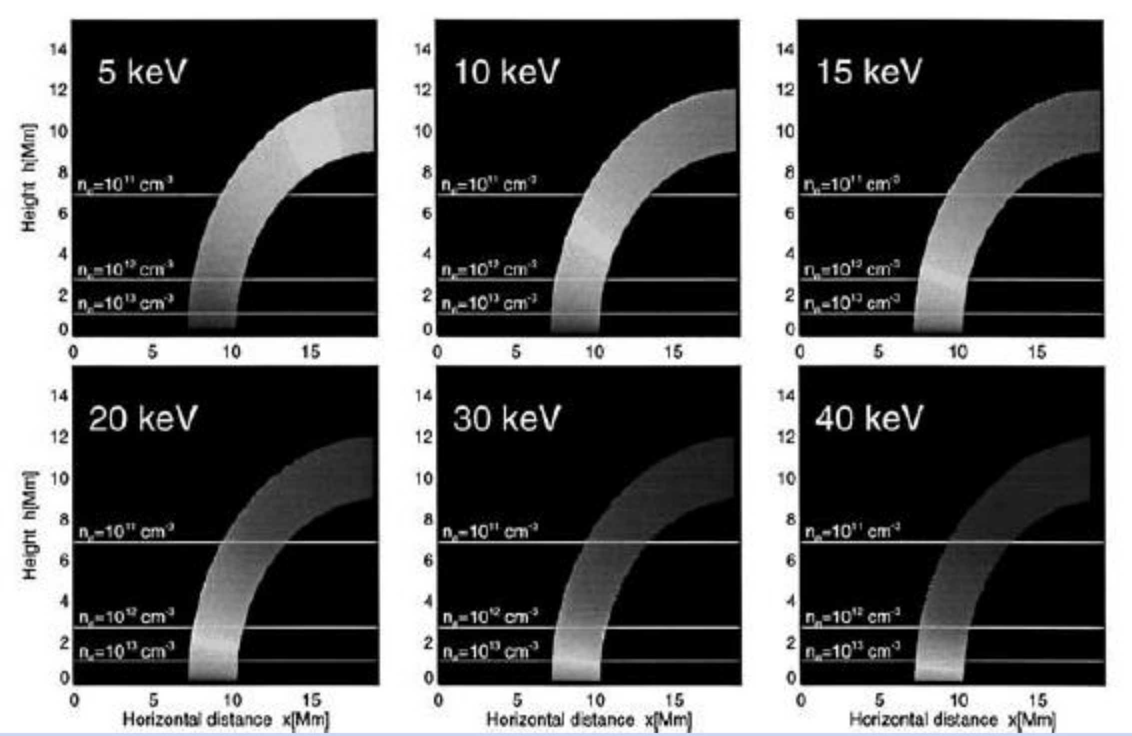
$$n(h(\varepsilon)) = n_0 e^{-(R(\varepsilon)-R_0)/h_0}$$

mapa: MEM NJIT
kontury: FF VIS

$$n_0 = 1.16\times10^{17}\ cm^{-3}$$

Kontar, E.P. i in. 2008, A&A 489, L57

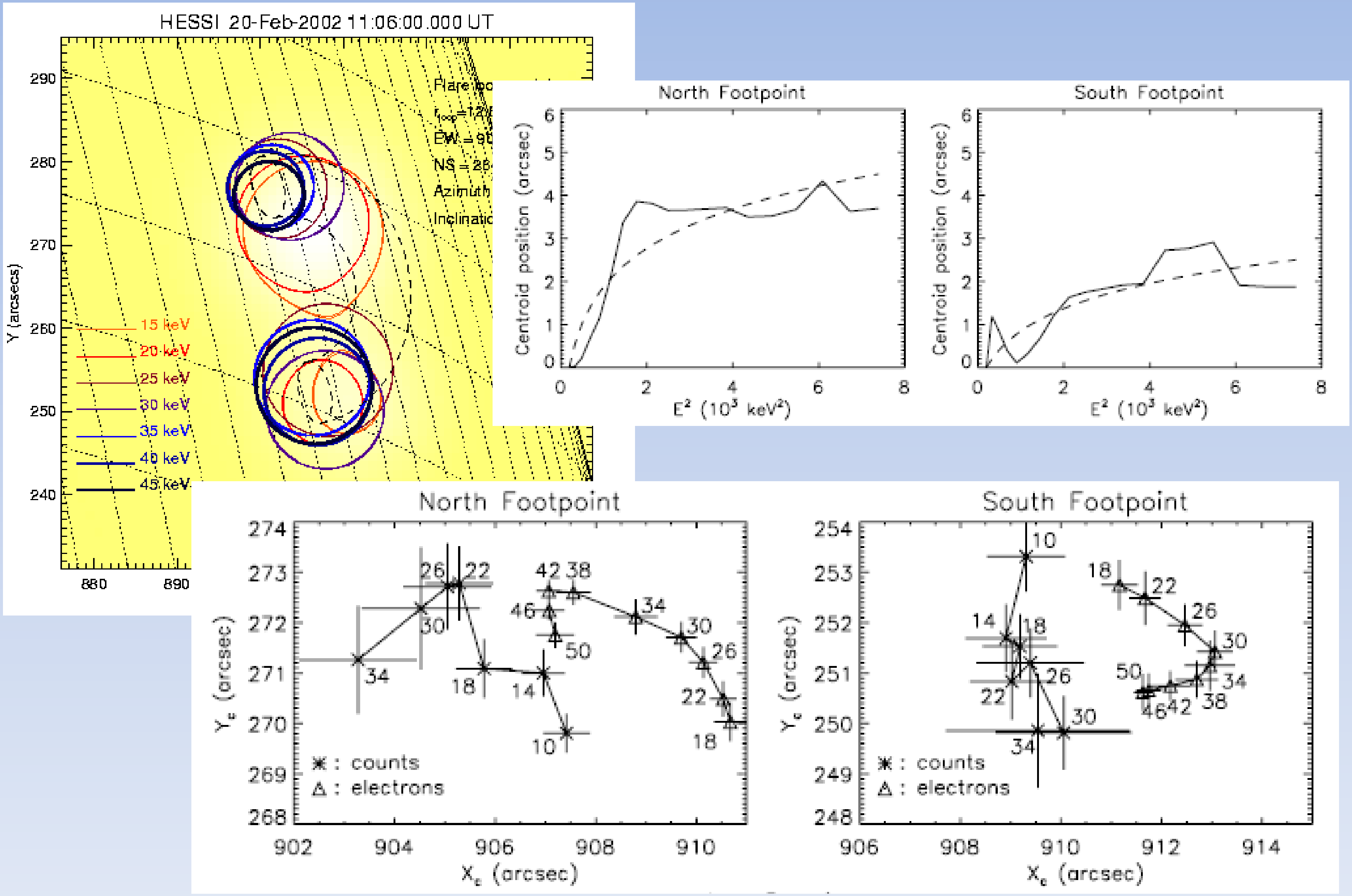




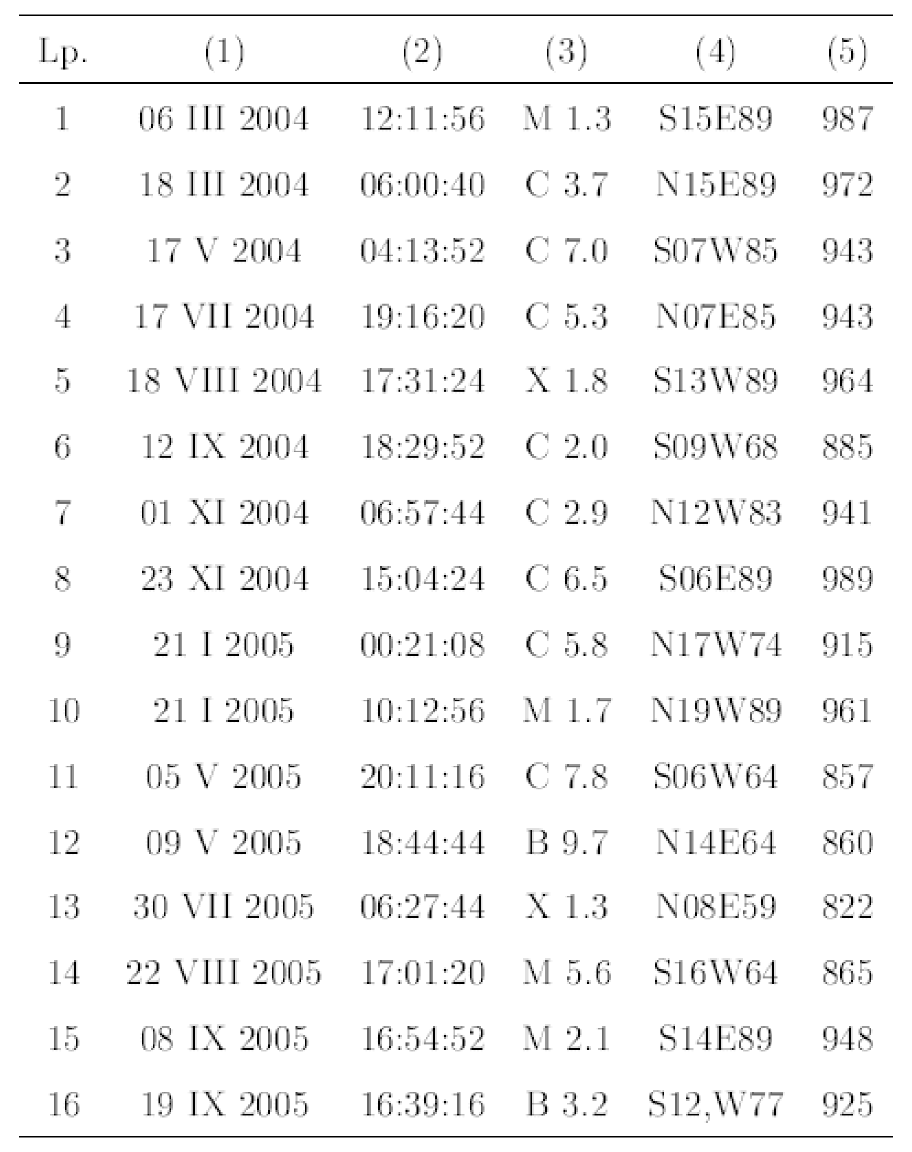
Aschwanden i in. 2002, Solar Phys. 210, 383

Rozmiary źródła maleją, ale zwężanie rury magnetycznej nie jest jedynym efektem (nie jest nawet dominującym).

Prato, M. i in. 2009, ApJ 706, 917



Kowalczuk, J. 2009



Lp.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	06 III 2004	12:11:56	M 1.3	S15E89	987
2	18 III 2004	06:00:40	C 3.7	N15E89	972
3	17 V 2004	04:13:52	C 7.0	S07W85	943
4	17 VII 2004	19:16:20	C 5.3	N07E85	943
5	18 VIII 2004	17:31:24	X 1.8	S13W89	964
6	12 IX 2004	18:29:52	C 2.0	S09W68	885
7	01 XI 2004	06:57:44	C 2.9	N12W83	941
8	23 XI 2004	15:04:24	C 6.5	S06E89	989
9	21 I 2005	00:21:08	C 5.8	N17W74	915
10	21 I 2005	10:12:56	M 1.7	N19W89	961
11	05 V 2005	20:11:16	C 7.8	S06W64	857
12	09 V 2005	18:44:44	B 9.7	N14E64	860
13	30 VII 2005	06:27:44	X 1.3	N08E59	822
14	22 VIII 2005	17:01:20	M 5.6	S16W64	865
15	08 IX 2005	16:54:52	M 2.1	S14E89	948
16	19 IX 2005	16:39:16	B 3.2	S12,W77	925

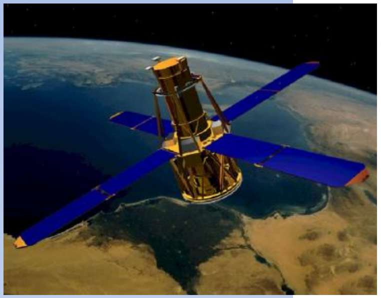
luty 2004 – luty 2006

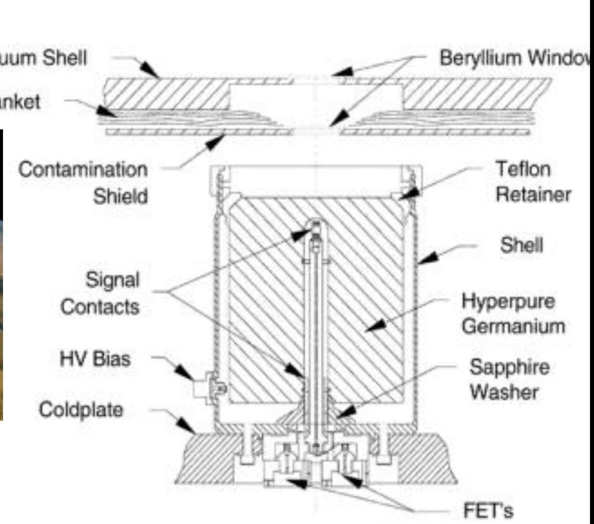
r > 800 arcsec
>200 zliczeń (12 – 25 keV)

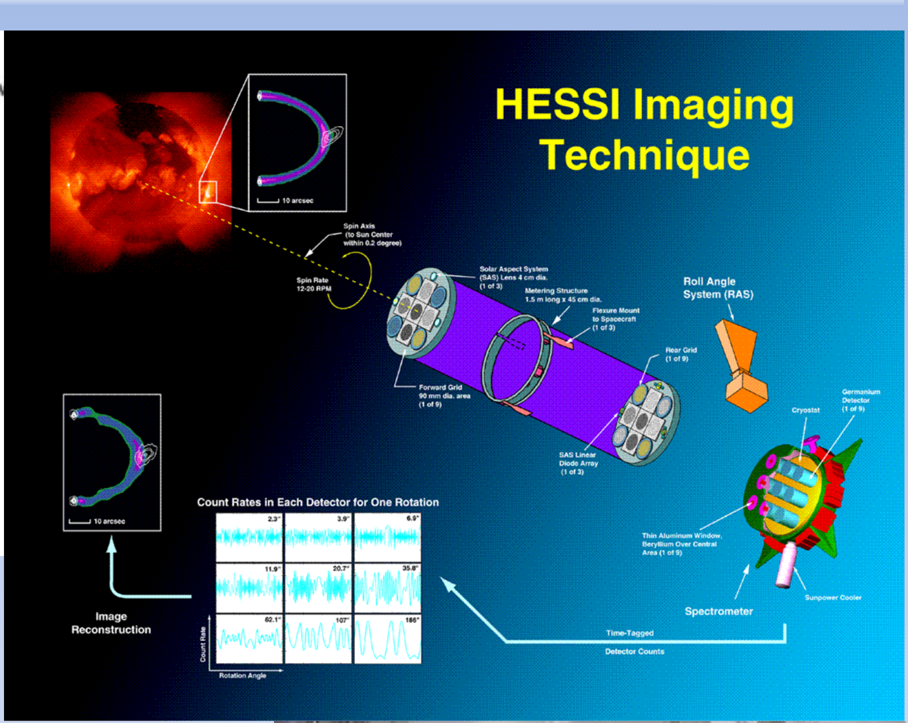
14 rozbłysków
36 zależności E-H

Obrazy rekonstruowane metodą CLEAN

RHESSI

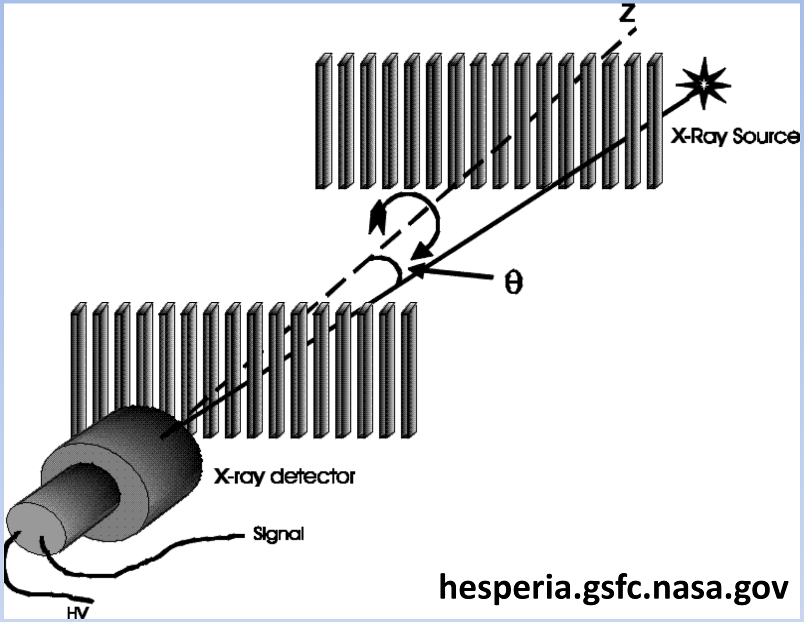






9 detektorów (Ge) 7.1 x 8.5 cm
zakres energii: 3 keV – 20 MeV
rozdzielczość czasowa:
2 s (połowa okresu rotacji)
<1 s (po demodulacji)
rozdzielczość energetyczna: 1-3 keV (dla różnych detektorów)

RHESSI

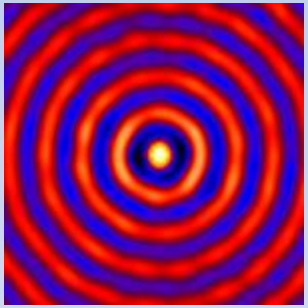


hesperia.gsfc.nasa.gov

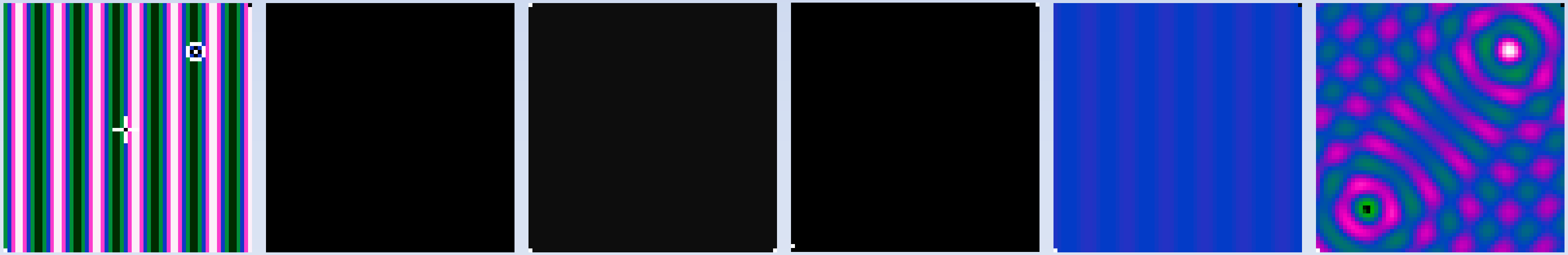
Obraz rekonstruowany przy użyciu kilku metod: Back Projection, CLEAN, PIXON, MEM NJIT, UV Smooth, Forward Fit VIS

rozdzielczość czasowa: >2s

rozdzielczość przestrzenna: > 2.5 arc sec
(silnie zależy od użytych detektorów)



obraz pojedynczego źródła otrzymany przy użyciu detektora 5



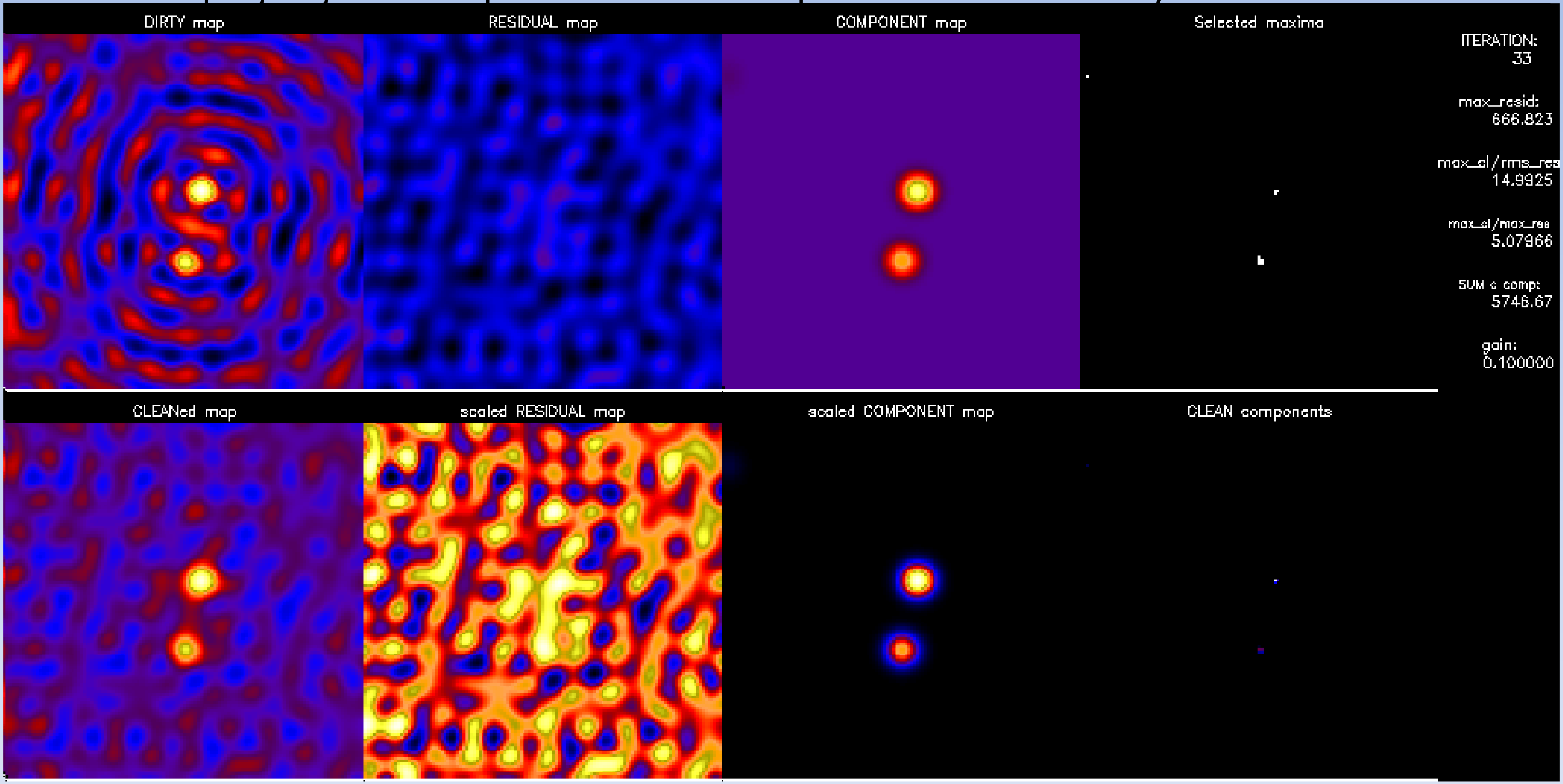
CLEAN, (33 iteracje, det 3-6)

wsteczna projekcja

mapa różnic

mapa składników

wybrane maksima



```
ITERATION:
        33
max_resid:
   666.823
max_cl/rms_re
   14.9925
max_cl/max_res
   5.07966
SUM c comp:
   5746.67
gain:
  0.100000
```

obraz
po wyczyszczeniu

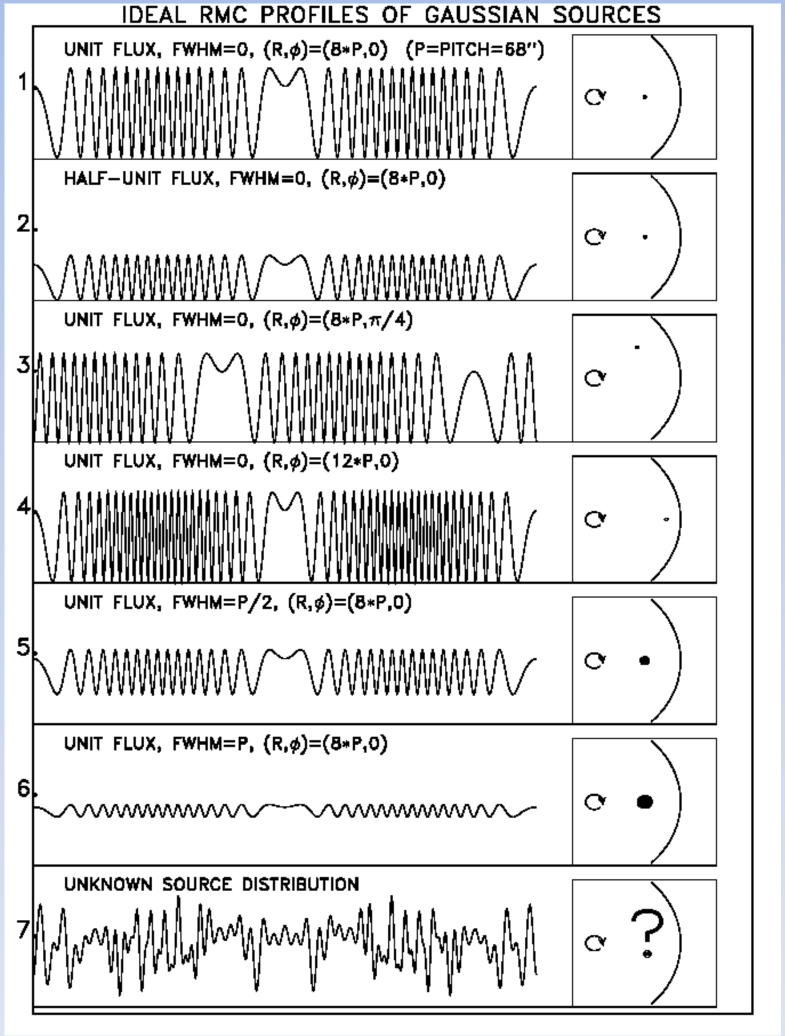
mapa różnic

mapa składników

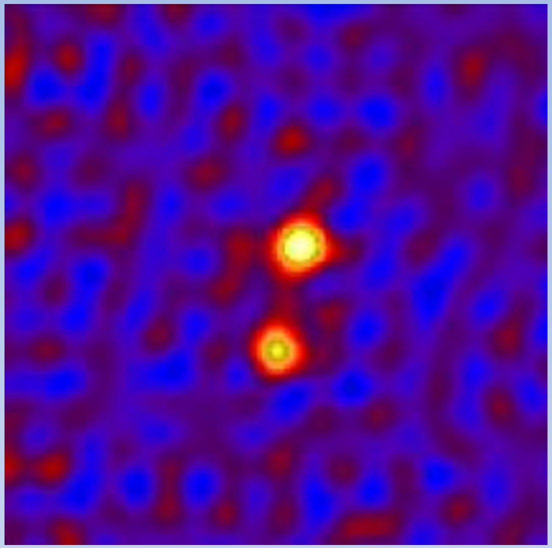
wybrane maksima

skalowane rzeczywistą jasnością

CLEAN

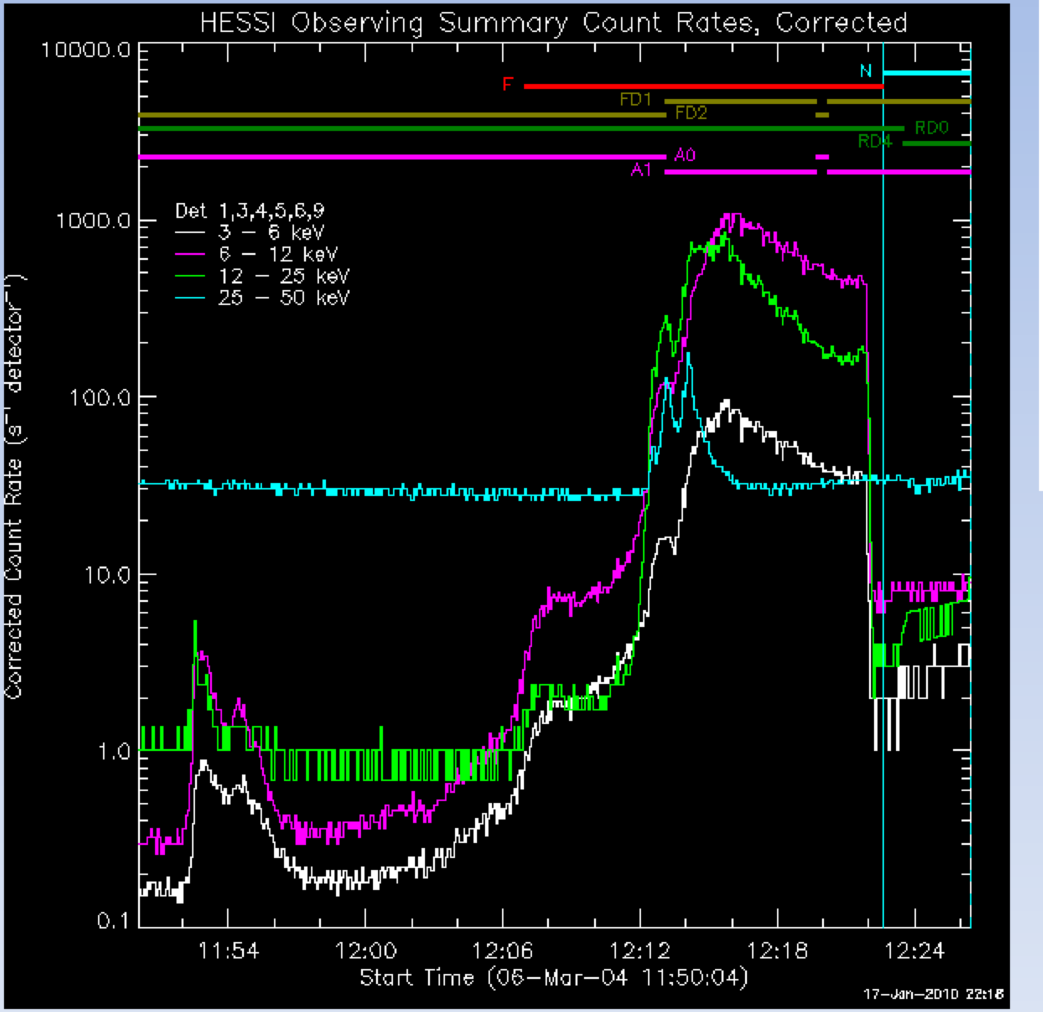


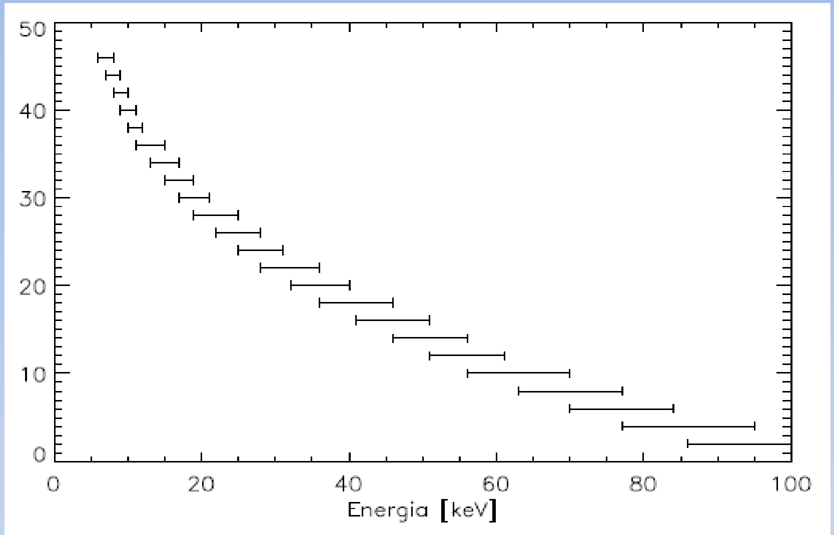
Hurford i in. 2002, Sol. Phys. 210



CLEAN nie zmienia położenia najjaśniejszego piksela – pozwala określić położenie źródeł z błędem < 1 arcsec

Kowalczuk, J. 2009

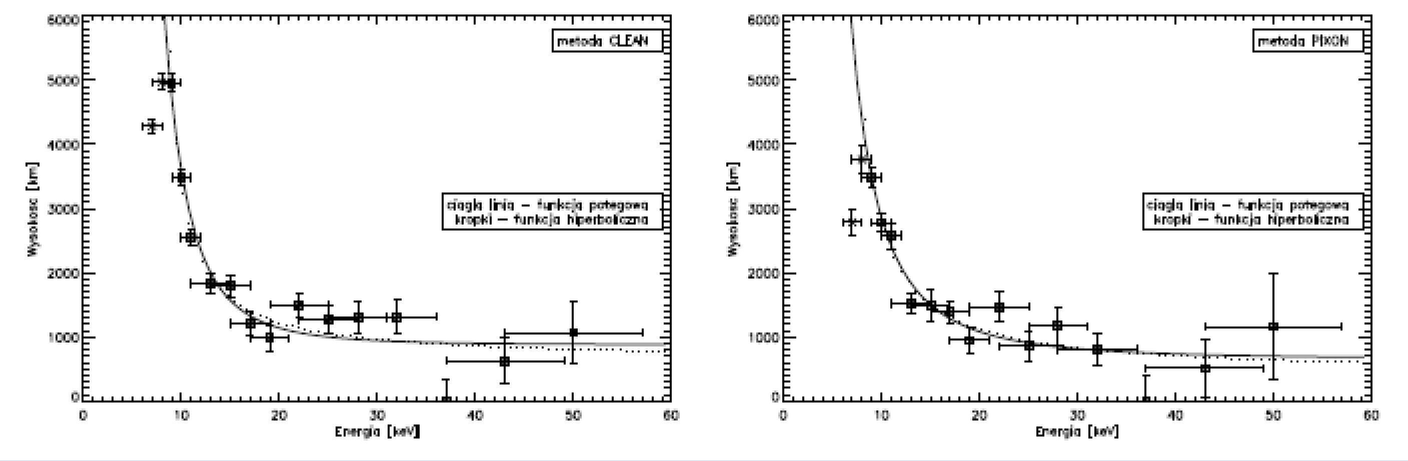


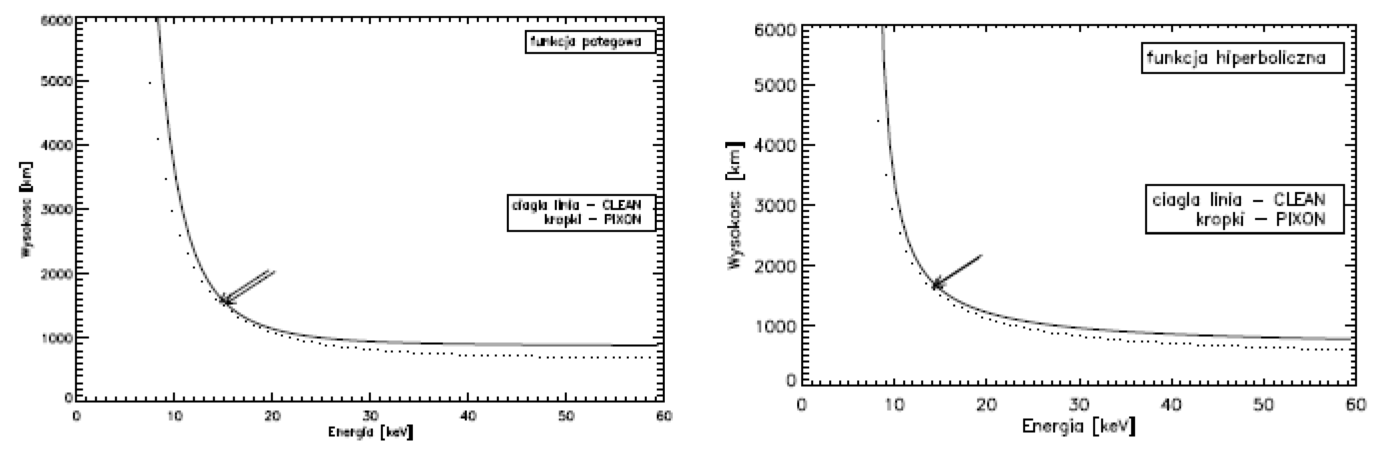


przedział czasu zawiera jeden impuls lub dzieli go na kilka fragmentów

przedziały energetyczne wystarczająco gęste, aby zapewnić dobre dopasowania zależności E-H

Kowalczuk, J. 2009





dopasowanie dwoma funkcjami

(1) hiperboliczna:

$$z(\varepsilon) = \frac{a_0}{\varepsilon - a_1} + a_2$$

(2) potęgowa:

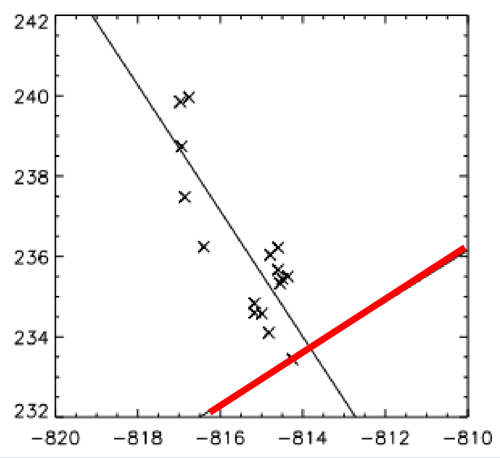
$$z(\varepsilon) = a_0 \varepsilon^{a_1} + a_2$$

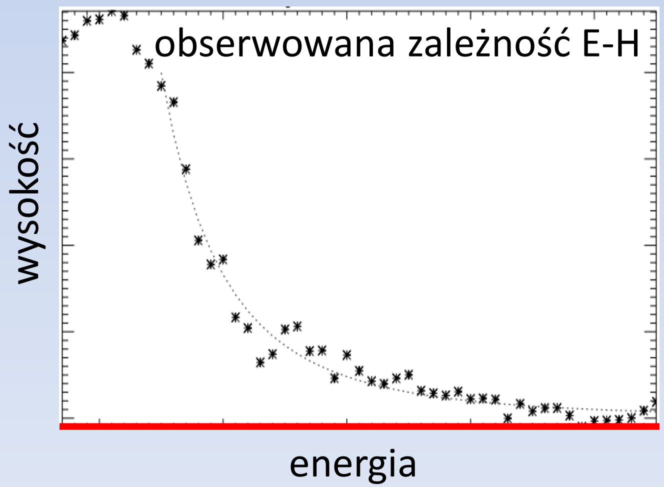
definicja punktu wypłaszczenia za pomocą:

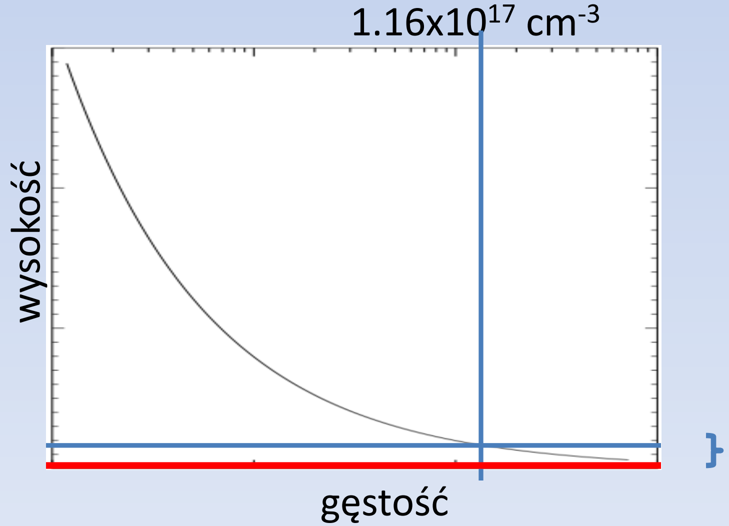
- symetralnej dla (1)
- pochodnej dla (2)

Kowalczuk, J. 2009

centroidy źródła
dla jednego
momentu czasu
i kilku wartości
energii





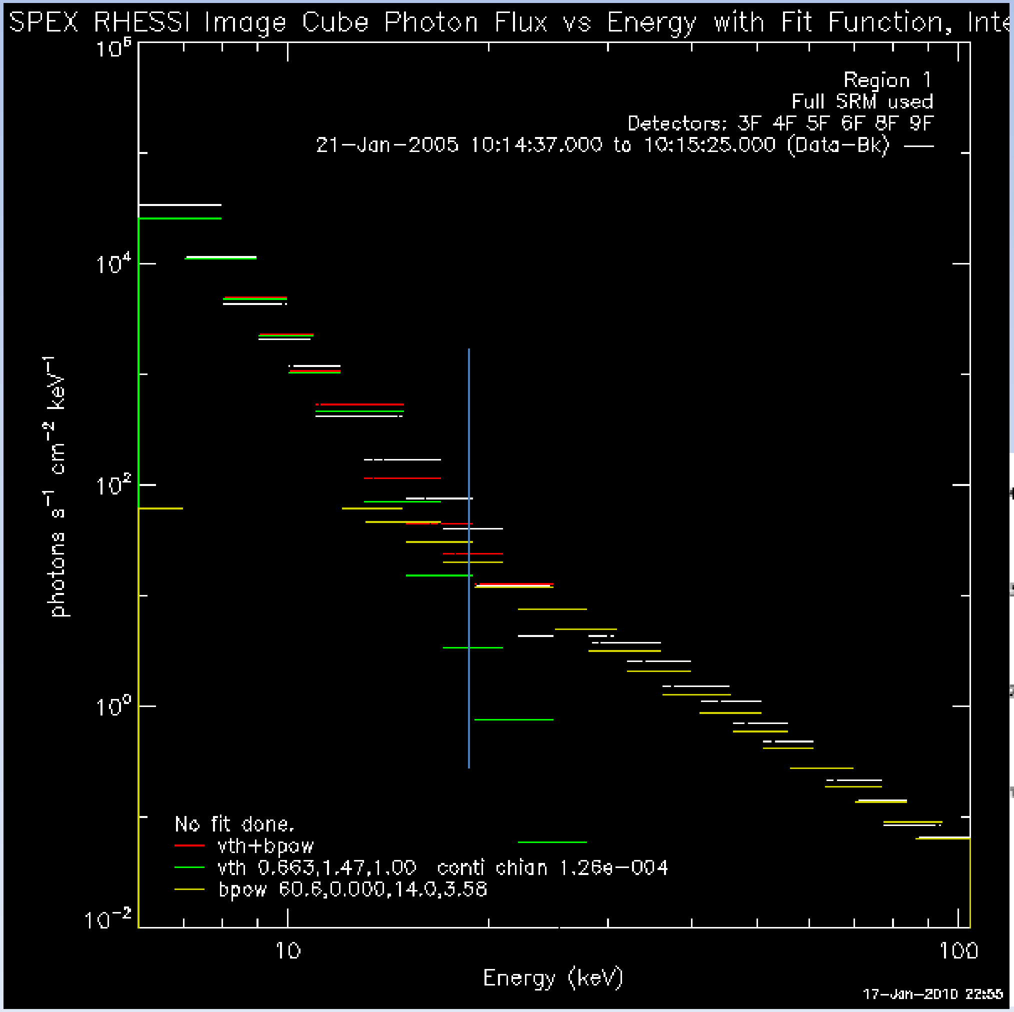


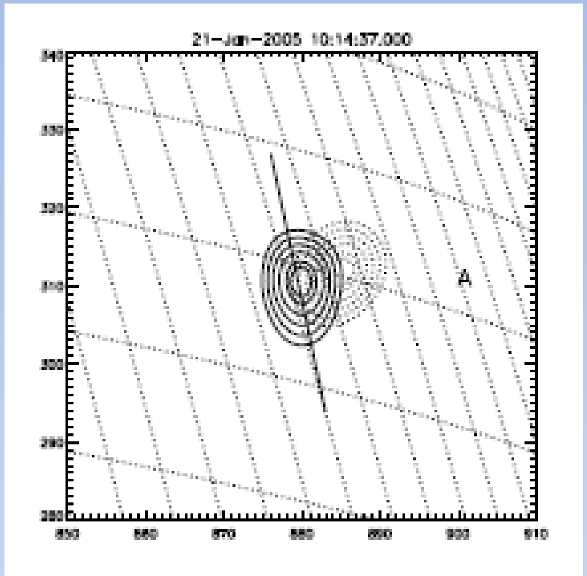
konstrukcja poziomu referencyjnego

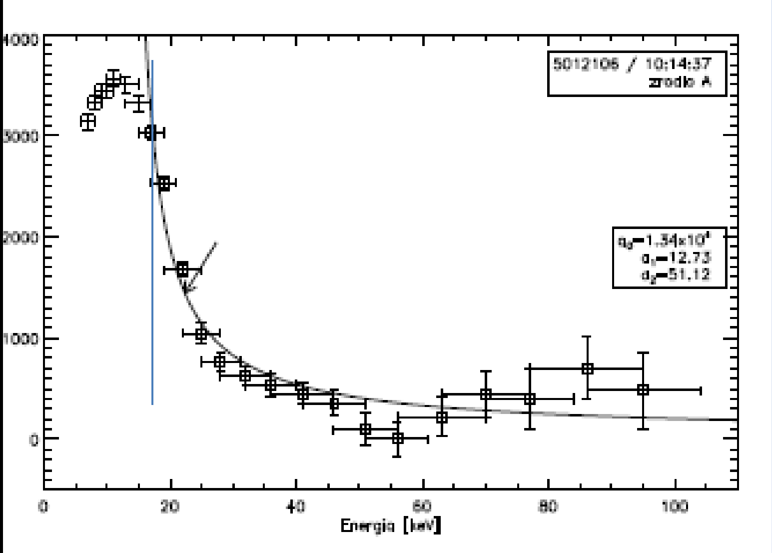
poziom fotosfery jest wyznaczany wprost
z obserwowanych wysokości źródeł HXR

Kowalczuk, J. 2009

zwarte źródła





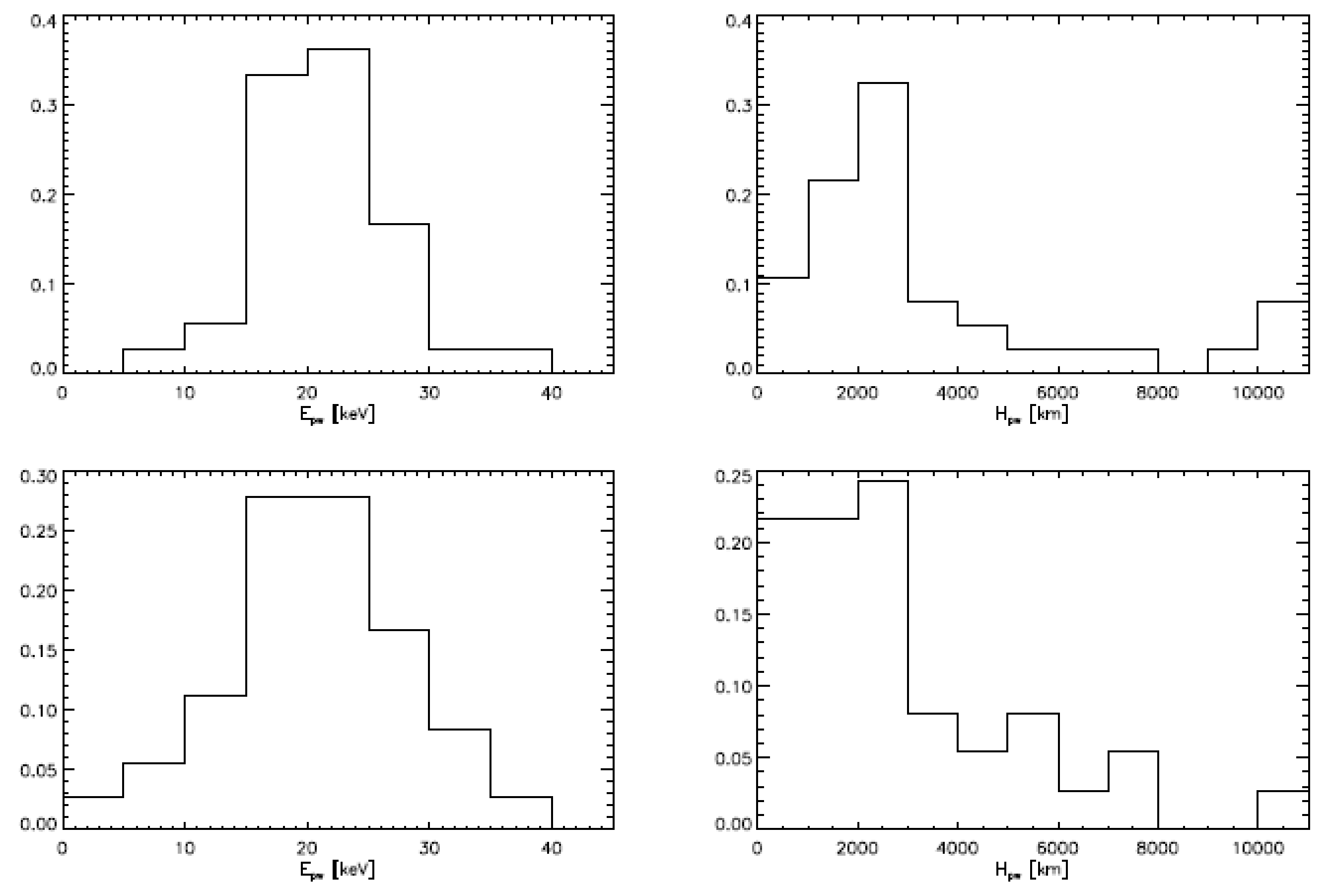


Kowalczuk, J. 2009

charakterystyki obserwacyjne

energia pw

wysokość pw

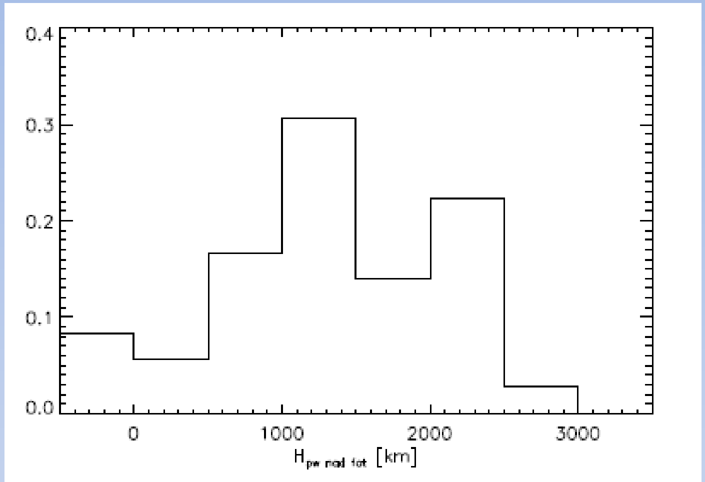


potęgowa

hiperboliczna

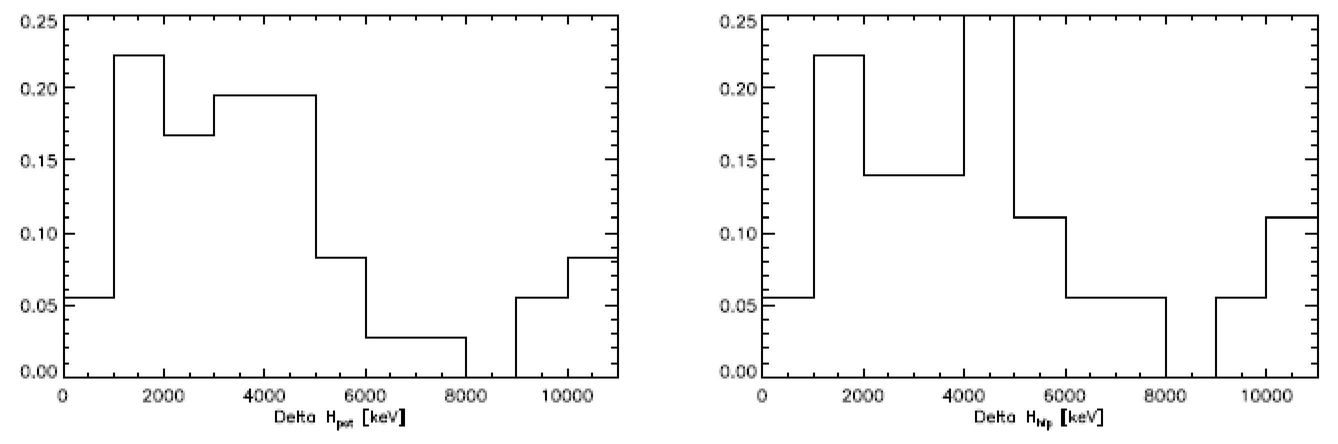
Kowalczuk, J. 2009

charakterystyki obserwacyjne



wysokość punktu wypłaszczenia z wyznaczona względem poziomu fotosfery

grubość obszaru hamowania

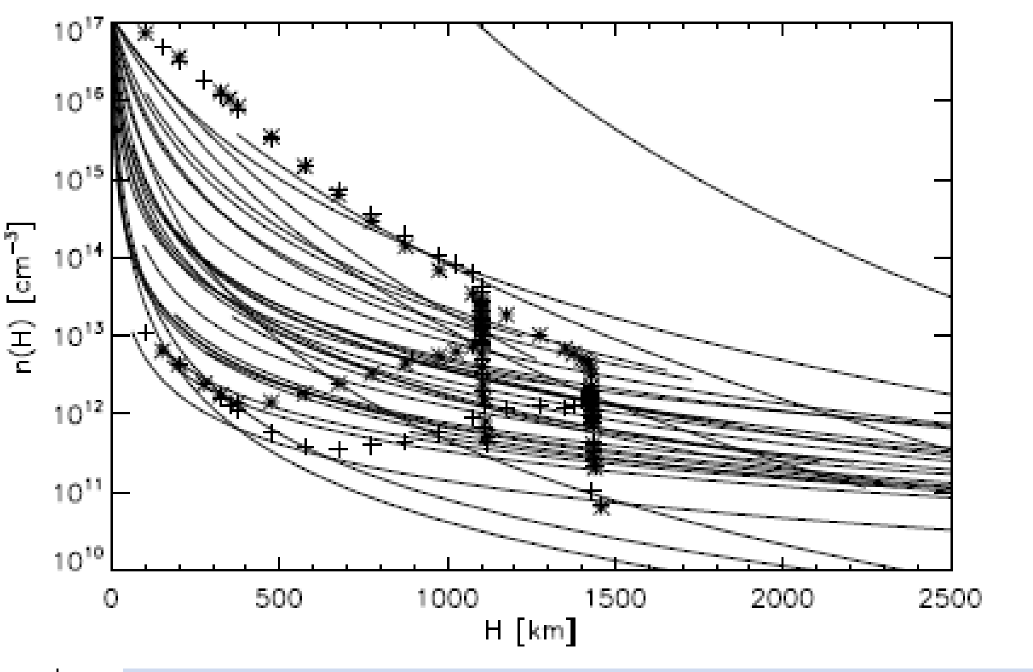


potęgowa

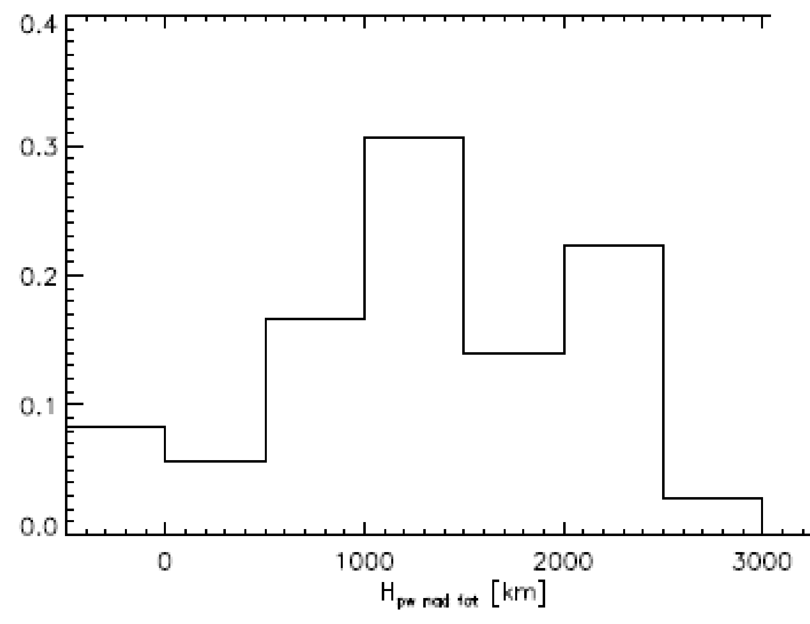
hiperboliczna

Kowalczuk, J. 2009

gęstości



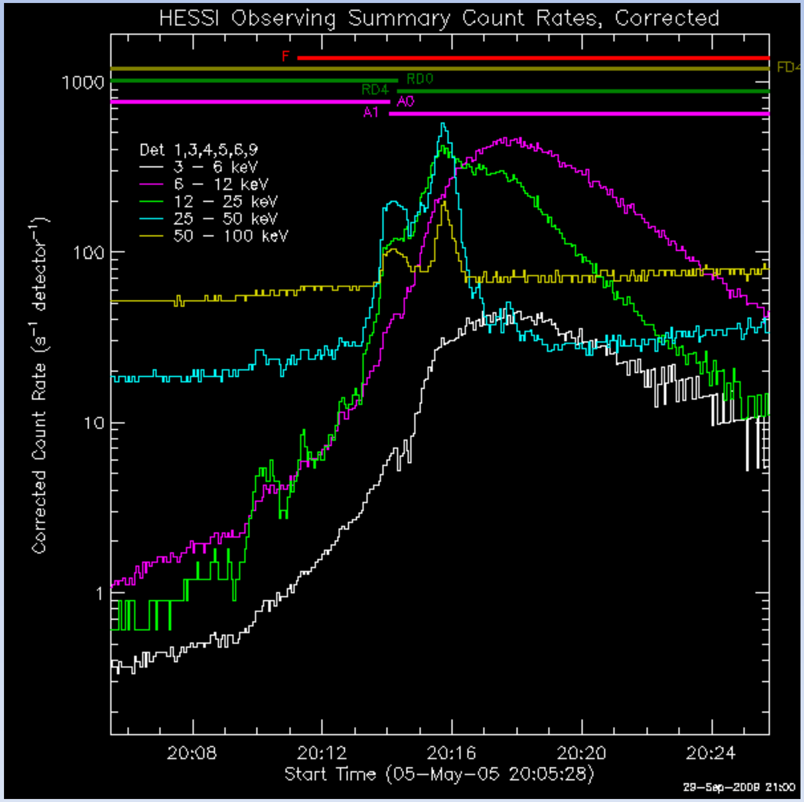
punkt wypłaszczenia dobrze wskazuje początek „grubej tarczy”

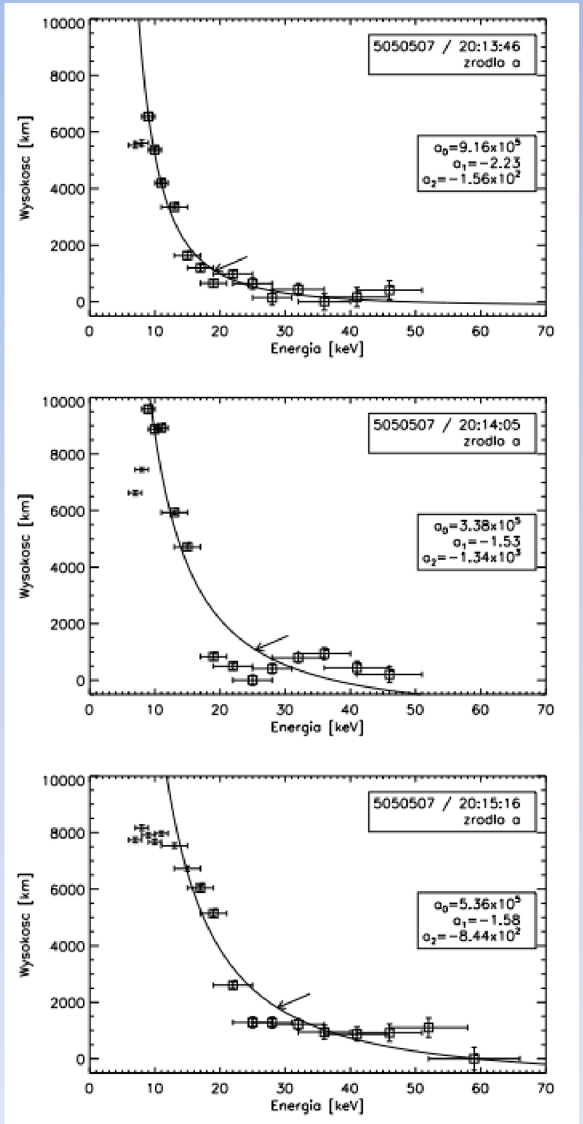


Machado i in. 1980

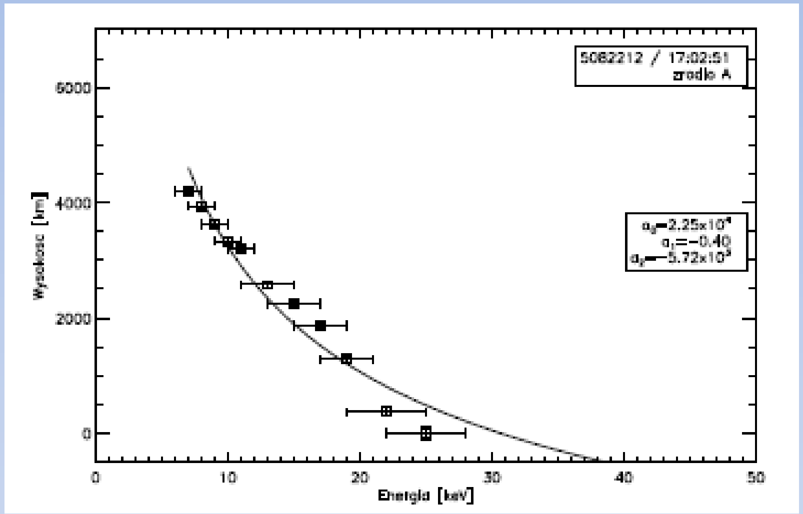
Kowalczuk, J. 2009

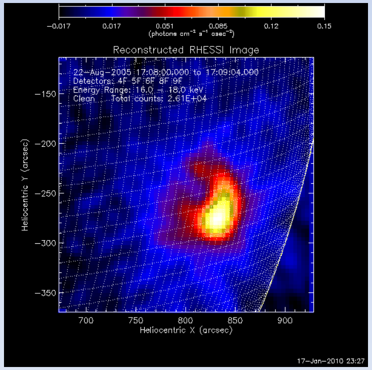
Ewolucja w czasie



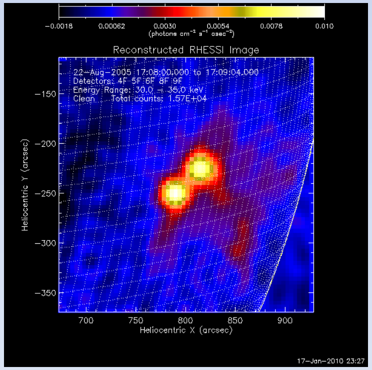


Kowalczuk, J. 2009



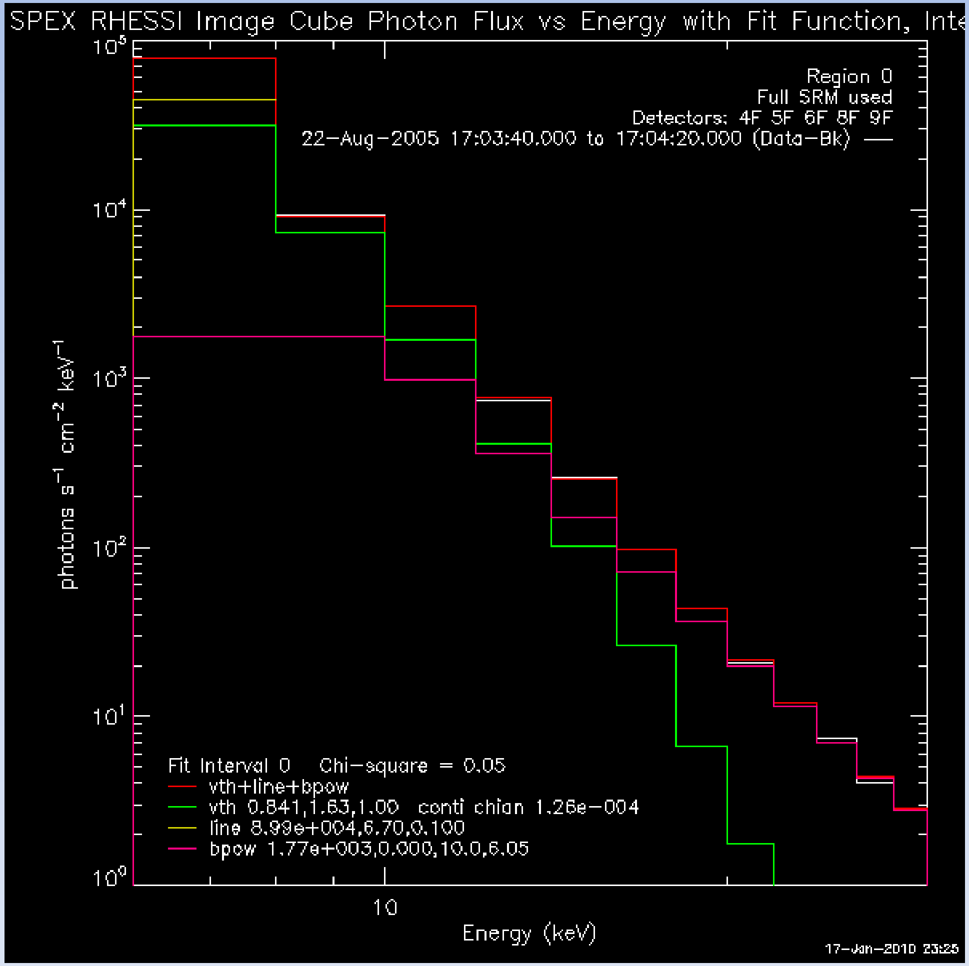


16-18 keV

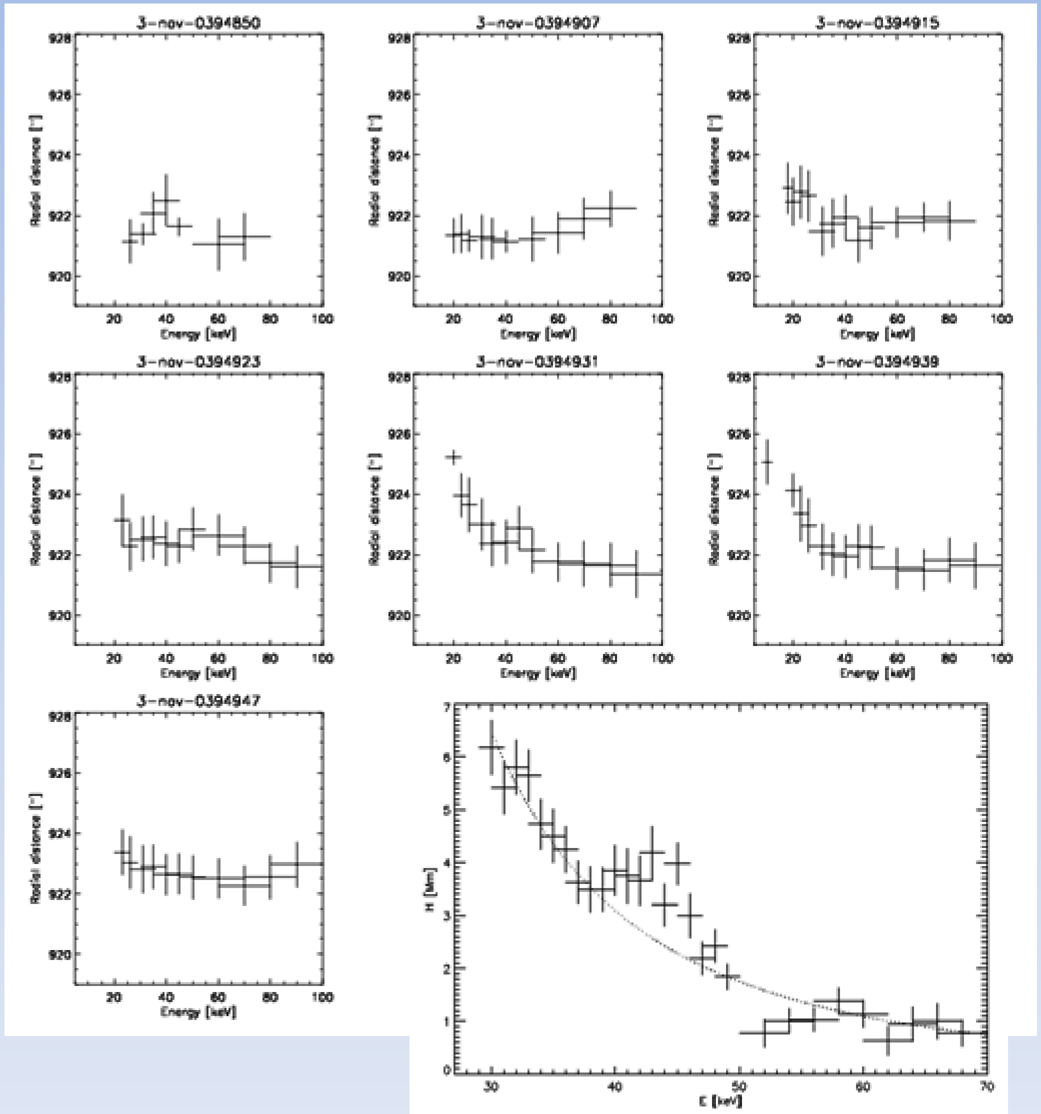


30-35 keV

źródła szczytowe



Co dalej?



-ujednolicenie wyników
(jedna metoda dla wszystkich
obserwowanych zjawisk)

-uzupełnienie listy zjawisk
(dodanie kilku rozbłysków
położonych na tarczy)

-modelowanie propagacji wiązki
w pętli rozbłyskowej